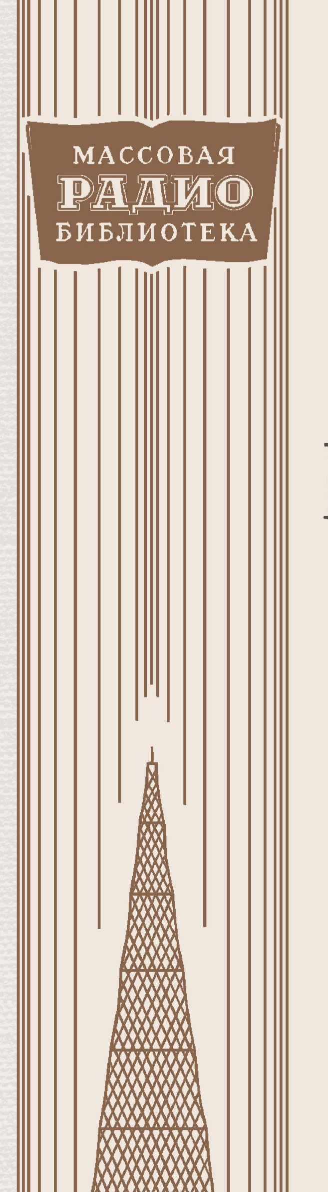
СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1955

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 222

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Под общей редакцией
А. А. КУЛИКОВСКОГО



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

В книге даны основные справочные сведения и материалы, необходимые радиолюбителю в его работе по конструированию радиовещательных приемников.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

* * *

Редактор *Б. Я. Жуковицкий* Технич. редактор *А. М. Фридкин*

Сдано в набор 16/II 1955 г. Подписано к печати 9/V 1955 г.

Бумага 84×108¹/₃₂ 13,12 п. л Уч.-изд. л. 20

Т-03391 Тираж 100 000 экз. (второй завод 25 001 — 50 000). Цена 9 р. Заказ 67

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учитывая многочисленные запросы читателей Массовой радиобиблиотеки, Издательство выпускает настоящий «Справочник радиолюбителя», предназначенный преимущественно для радиолюбителей — конструкторов радиовещательной приемной аппаратуры.

Цель справочника — дать радиолюбителю основные справочные сведения по вопросам расчета и конструирования радиоприемников. Справочник рассчитан на подготовленного читателя и поэтому не содержит ни описаний физических процессов, происходящих в радиоприемнике, ни принципов действия тех или иных схем. Все справочные сведения приводятся по возможности сжато — в виде формул, таблиц, графиков, номограмм и схем Расчетные формулы, насколько возможно, упрощены, обеспечивая, однако, точность, достаточную для радиолюбительской практики.

В справочнике помещены общие физические и технические справки, краткие сведения из элементарной математики, общие сведения и расчетные соотношения из электротехники, радиотехники и электроакустики, справочные данные о наиболее употребительных в радиолюбительской практике материалах, деталях и лампах. Отдельные главы справочника посвящены вопросам расчета узлов и цепей радиоприемных устройств и источников питания, а также методам измерений. Кроме того, приведены краткие сведения о промышленных типах радиовещательных приемников и измерительной аппаратуры и указаны простейшие способы защиты от помех.

Чтобы не увеличивать объема справочника, ряд общих сведений и справочных материалов (например, справочные сведения из истории и хронологии радиотехники и радиолюбительства) при редактировании были исключены.

В составлении «Справочника радиолюбителя» приняли участие А. А. Куликовский, Е. А. Левитин, Ф. И. Тарасов и П. О. Чечик.

В работе по составлению справочника редакции помогли многочисленные отзывы и высказывания читателей Массовой радиобиблиотеки по ранее выпущенным справочникам.

Редакция и составители рассчитывают на дальнейшую помощь читателей и просят сообщить свои критические замечания и пожелания, которые будут учтены при переиздании этого и составления новых справочников, по адресу Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат, редакции Массовой радиобиблиотеки

Редакция Массовой радиобиблиотеки

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1-1. ЛАТИНСКИЙ И ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТЫ

Латинский алфавит						Греческий алфавит					
Печатные буквы	Рукописные буквы	Название	Печатные буквы	Рукописные буквы	Название	Печатные буквы	Рукописные буквы	Название	Печатные буквы	Рукописные буквы	Название
A a	*A a*	а	N n	*N n*	эн	Α α	*Α α*	альфа	Ν ν	*Ν ν*	ни (ню)
B b	*B b*	бэ	O o	*O o*	о	Β β	*Β β*	бэта	Ξ ξ	*Ξ ξ*	кси
C c	*C c*	цэ	P p	*P p*	пэ	Γ γ	*Γ γ*	гамма	Ο ο	*Ο ο*	омикрон
D d	*D d*	дэ	Q q	*Q q*	ку	Δ δ	*Δ δ*	дельта	Π π	*Π π*	пи
E e	*E e*	э	R r	*R r*	эр	Ε ε	*Ε ε*	эпсилон	Ρ ρ	*Ρ ρ*	ро
F f	*F f*	эф	S s	*S s*	эс	Ζ ζ	*Ζ ζ*	дзета	Σ σ ς	*Σ σ ς*	сигма
G g	*G g*	гэ	T t	*T t*	тэ	Η η	*Η η*	эта	Τ τ	*Τ τ*	тау
H h	*H h*	аш	U u	*U u*	у	Θ ϑ θ	*Θ ϑ*	тэта	Υ υ	*Υ υ*	ипсилон
I i	*I i*	и	V v	*V v*	вэ	Ι ι	*Ι ι*	иота	Φ φ	*Φ φ*	фи
J j	*J j*	йот	W w	*W w*	дубль-вэ	Κ κ	*Κ κ*	каппа	Χ χ	*Χ χ*	хи
K k	*K k*	ка	X x	*X x*	икс	Λ λ	*Λ λ*	ламбда	Ψ ψ	*Ψ ψ*	пси
L l	*L l*	эль	Y y	*Y y*	игрек	Μ μ	*Μ μ*	ми (мю)	Ω ω	*Ω ω*	омега
M m	*M m*	эм	Z z	*Z z*	зэт						

1-2. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН И ЕДИНИЦ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Величина	Условное обозначение	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения
Вес	G	Грамм	*г*
Вес удельный	γ	—	—
Время	t	Секунда	сек.
Высота	h	Метр	*м*
Диаметр	d	Метр	*м*
Длина	l	Метр	*м*
Длина волны	λ	Метр	*м*
Добротность	Q	—	—
Емкость электрическая	C	Фарада	*ф*
Индуктивность (коэффициент самоиндукции)	L	Генри	*гн*
Индуктивность взаимная (коэффициент взаимной индукции)	M	Генри	*гн*
Индукция магнитная	B	Гаусс	*гс*
Количество электричества (электрический заряд)	q	Кулон	*к*
Коэффициент модуляции	m	—	—
Коэффициент полезного действия (к. п. д.)	η	—	—
Коэффициент трансформации	n	—	—
Коэффициент усиления	K	—	—
Коэффициент усиления электронной лампы	μ	—	—
Крутизна характеристики электронной лампы	S	Миллиампер на вольт	*ма/в*
Мощность электрическая	P	Ватт	*вт*
Напряжение электрическое	U, u	Вольт	*в*
Напряжение магнитного поля	H	Эрстед	*э рс*
Напряженность электрического поля	E	Вольт на метр	*в/м*
Объем	V	Кубический метр	*м*^{3}
Период колебаний	T	Секунда	сек.
Поверхность	S	Квадратный метр	*м*^{2}
Проницаемость диэлектрическая	ε	—	—
Проницаемость магнитная (относительная)	μ	—	—
Сдвиг фаз	φ	Угол в градусах	°
Скорость линейная	v	Метр в секунду	*м/сек*
Скорость света	c	300 000 *км/сек*	—
Сопротивление активное	R, r	Ом	*ом*
Сопротивление внутреннее	R_i r_i	Ом	*ом*
Сопротивление полное	Z, z	Ом	*ом*
Сопротивление реактивное	X, x	Ом	*ом*
Сопротивление удельное	ρ	Ом на метр	*ом·м*
Температура	t	Градус	°
Ток электрический	I, i	Ампер	*а*
Угол диэлектрических потерь	δ	Минута	′
Частота колебаний	f, F	Герц	*гц*
Частота угловая	ω	—	—
Число витков обмотки	w	—	—
Электродвижущая сила (э. д. с.)	E, e	Вольт	*в*
Энергия	W	Ватт-час	*втч*

1-3. ДЕСЯТИЧНЫЕ (МЕТРИЧЕСКИЕ) ПРИСТАВКИ

Наименование приставки	Отношение к главной единице	Сокращенное обозначение	
		русское	международное
Пико (микромикро)	10^{-12}	*п*	p
Нано (миллимикро)	10^{-9}	*н*	n
Микро	10^{-6}	*мк*	μ
Милли	10^{-3}	*м*	m
Санти	10^{-2}	*с*	c
Деци	10^{-1}	*д*	d
Дека	10	*да*	da
Гекто	10^{2}	*г*	h
Кило	10^{3}	*к*	k
Мега (мег)	10^{6}	*мг* (*М*)	M
Гига	10^{9}	*Г*	G
Тера	10^{12}	*Т*	T

Перевод дюймов в сантиметры.

1-4. МЕРЫ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИН

Вес

1 *т* (тонна) = 10 *ц* = 1 000 *кг* = 10^6 *г*
1 *ц* (центнер) = 100 *кг* = 10^5 *г*
1 *кг* (килограмм) = 1 000 *г*
1 *г* (грамм) = 1 000 *мг*
1 *мг* (миллиграмм) = 0,001 *г*

Длина

1 *км* (километр) = 1 000 *м*
1 *м* (метр) = 10 *дм*
1 *дм* (дециметр) = 10 *см* = 0,1 *м*
1 *см* (сантиметр) = 10 *мм* = 0,01 *м*
1 *мм* (миллиметр) = 1 000 *мкн* = 10^{-3} *м*
1 *мкн* (микрон) = 1 000 *ммкн* = 10^{-6} *м*
1 *ммкн* (миллимикрон) = 10 Å = 10^{-9} *м*
1 Å (ангстрем) = 1 000 *X* = 10^{-10} *м*
1 *X* (икс) = 0,001 Å = 10^{-13} *м*

Поверхность

1 *га* (гектар) = 100 *а* = 10^4 *м*²
1 *а* (ар) = 100 *м*² = 10^2 *м*²
1 *м*² (квадратный метр) = 100 *дм*²
1 *дм*² (квадратный дециметр) = 100 *см*² = 0,01 *м*²
1 *см*² (квадратный сантиметр) = 100 *мм*² = 10^{-4} *м*²
1 *мм*² (квадратный миллиметр) = 0,01 *см*² = 10^{-6} *м*²

Объем

1 *м*³ (кубический метр) = 1 000 *дм*³
1 *дм*³ (кубический дециметр) = 1 000 *см*³ = 10^{-3} *м*³
1 *см*³ (кубический сантиметр) = 1 000 *мм*³ = 10^{-6} *м*³
1 *мм*³ (кубический миллиметр) = 0,001 *см*³ = 10^{-9} *м*³
1 *л* (литр) = 1 *дм*³ = 1 000 *см*³

Температура

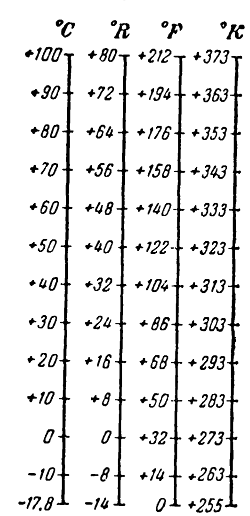
Число градусов стоградусной шкалы (°C) = 5/4° R = 5/9 (°F − 32) = °K − 273

Число градусов Реомюра (°R) = 4/5° C = 4/9 (°F − 32) = 4/5° K − 218,4.

Число градусов Фаренгейта (°F) = 9/5° C + 32 = 9/4°R + 32 = 9/5°K − 459,5.

Число градусов Кельвина (°K) — абсолютная температура = °C + 273 = 5/4° R + 273 = 5/9° F + 255,2.

Абсолютный нуль = 0° K = −273,2° C.



Сравнительные шкалы градусов Цельсия, Реомюра, Фаренгейта и Кельвина.

Время

1 сут. (сутки) = 24 час. = 86 400 сек.
1 час. = 60 мин. = 3 600 сек.
1 мин. (минута) = 1/1440 сут. = 60 сек.
1 сек. (секунда) = 1 000 мсек.
1 мсек. (миллисекунда) = 1 000 мк сек. = 10^{-3} сек.
1 мксек. (микросекунда) = 0,001 мсек. = 10^{-6} сек

Давление

1 *ат* (атмосфера техническая) = 1 *кГ/см²* = 735,66 *мм* рт. ст.
1 *мм* рт. ст. (миллиметр ртутного столба) = 1,36 *Г/см²*
Атмосферное давление = 760 *мм* рт. ст. = 1,033 *кГ/см²*.

Ток

1 *ка* (килоампер) = 1 000 *а* = 10^3 *а*
1 *а* (ампер) = 1 000 *ма*
1 *ма* (миллиампер) = 1 000 *мка* = 10^{-3} *а*
1 *мка* (микроампер) = 0,001 *ма* = 10^{-6} *а*

Напряжение и электродвижущая сила

1 *кв* (киловольт) = 1 000 *в* = 10^3 *в*
1 *в* (вольт) = 1 000 *мв*
1 *мв* (милливольт) = 1 000 *мкв* = 10^{-3} *в*
1 *мкв* (микровольт) = 0,001 *мв* = 10^{-6} *в*

Сопротивление

1 *мгом* (мегом) = 1 000 *ком* = 10^6 *ом*
1 *ком* (килоом) = 1 000 *ом* = 10^3 *ом*
1 *ом* (ом) = 0,001 *ком*

Мощность

1 *квт* (киловатт) = 1 000 *вт* = 10^3 *вт*
1 *вт* (ватт) = 1 000 *мвт*
1 *мвт* (милливатт) = 1 000 *мквт* = 10^{-3} *вт*
1 *мквт* (микроватт) = 0,001 *мвт* = 10^{-6} *вт*
1 *вт* = 1 *дж* (джоуль) в 1 сек = 10^7 эрг в 1 сек.
1 *квт* = 102 *кГ/м* в 1 сек. = 1,36 *л. с.* (лошадиной силы)

Работа и энергия

1 *квт-ч* (киловатт час) = 10 *гвт-ч*
1 *гвт ч* (гектоватт час) = 100 *вт-ч*
1 *вт-ч* (ватт-час) = 3 600 *вт-сек* (ватт-секундам)
1 *дж* (джоуль) = 1 *вт-сек*
1 *эрг* = 10^{-7} *вт-сек*
1 *кГм* (килограммометр) = 9,81 *вт-сек*
1 *ккал* (килокалория) = 1,16 *вт-ч*

Емкость

1 *ф* (фарада) = 10^6 *мкф*
1 *мкф* (микрофарада) = 10^6 *пф* = 10^{-6} *ф*
1 *пф* (пикофарада) = 10^{-6} *мкф* = 10^{-12} *ф*
1 *см* (сантиметр) = 1,11 *пф* = 1,11·10^{-6} *мкф* = 1,11·10^{-12} *ф*

Индуктивность

1 *гн* (генри) = 100 *мгн*
1 *мгн* (миллигенри) = 1 000 *мкгн* = 10^{-3} *гн*
1 *мкгн* (микрогенри) = 10^{-3} *мгн* = 10^{-6} *гн*
1 *см* (сантиметр) = 10^{-3} *мкгн* = 10^{-6} *мгн* = 10^{-9} *гн*

Частота

1 *мггц* (мегагерц) = 1 000 *кгц* = 10^6 *гц*
1 *кгц* (килогерц) = 1 000 *гц* = 10^3 *гц*
1 *гц* (герц) = 10^{-3} *кгц* = 10^{-6} *мггц*

1-5. УДЕЛЬНЫЙ ВЕС (ПЛОТНОСТЬ) НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

Удельный вес (плотность) вещества — вес (масса) вещества в объеме 1 *см³*. За единицу удельного веса (плотности) принимается вес (масса) 1 *см³* воды.

Вещество	Удельный вес (плотность)	Вещество	Удельный вес (плотность)	Вещество	Удельный вес (плотность)
Алюминий	2,7	Золото	19,3	Ртуть	13,6
Бензин	0,7	Латунь	8,5	Свинец	11,4
Бронза	8,8	Медь	8,9	Серебро	10,5
Бумага (писчая)	0,92	Никель	8,8	Спирт этиловый	0,79
Вода	1	Олово	7,3	Стекло (оконное)	2,6
Дерево (в среднем)	0,45—0,8	Платина	21,5	Цинк	7,1
Железо (сталь)	7,86	Пробка	0,24	Эбонит	1,5

ЛИТЕРАТУРА

Бачинский А. И., Путилов В. В., Суворов Н. П., Справочник по физике, Учпедгиз, 1951, 380 с.
Сена Л А., Единицы измерения физических величин. Гостехтеоретиздат, 1951, 184 с.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАТЕМАТИКА

2-1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И СИМВОЛЫ

Знак	Значение
%	процент (сотые доли)
. . . .	до; и т. д.; неограниченно
$+$	плюс
$-$	минус
$\cdot$ или $\times$	умноженное на
: или /	деленное на
$\div$	от—до
$=$	равно
$\neq$	не равно
$\approx$	примерно равно
$<$	меньше
$>$	больше
$\leqslant$	меньше или равно
$\geqslant$	больше или равно
$\ll$	много меньше
$\gg$	много больше
$\rightarrow$	стремится к . . .
π	пи (отношение длины окружности к диаметру)
$^\circ$	градус
$'$	минута
$''$	секунда
Σ	сумма
$\sqrt{\ }$	корень из
d	дифференциал
$\int$	интеграл
$\mid\ \mid$	абсолютная величина
$\parallel$	параллельно
$\perp$	перпендикулярно
Δ	дельта, небольшое изменение
$\overset{\frown}{AB}$	дуга AB
lim	предел
∞	бесконечность
log	логарифм (при любом основании)
lg	логарифм десятичный
ln	логарифм натуральный
sin	синус
cos	косинус
tg	тангенс
ctg	котангенс
arc	дуга
e	основание натуральных логарифмов

Важные значения π

$\pi = 3,14\ (3,14159\ .\ .\ .)$

$2\pi = 6,28\ (6,2832\ .\ .\ .)$

$\pi^2 = 9,87\ (9,8696\ .\ .\ .)$

$\pi^3 = 31\ (31,0063\ .\ .\ .)$

$\lg \pi = 0,5\ (0,49715\ .\ .\ .)$

$\pi/_2 = 1,57\ (1,5708\ .\ .\ .)$

$\pi/_3 = 1,05\ (1,0472\ .\ .\ .)$

$\pi/_4 = 0,78\ (0,7854\ .\ .\ .)$

$\sqrt{\pi} = 1,77\ (1,7724\ .\ .\ .)$

$\sqrt[3]{\pi} = 1,46\ (1,4645\ .\ .\ .)$

2-2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ДЕЙСТВИЙ С ЧИСЛАМИ

Правила перестановок

$$a + b = b + a \qquad a \cdot b = b \cdot a$$

$$a + (b + c) = (a + b) + c \qquad a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$$

Действия с положительными и отрицательными числами

$$(+a) + (+b) = +(a + b) = a + b \qquad (-a) + (-b) = -(a + b)$$

$$(+a) + (-b) = +(a - b) = a - b \qquad (-a) + (+b) = -(a - b) = +(b - a)$$

$$(+a) - (+b) = (+a) + (-b) = a - b \qquad (-a) - (-b) = (-a) + (+b) = +(b - a)$$

$$(+a) - (-b) = (+a) + (+b) = a + b \qquad (-a) - (+b) = (-a) + (-b) = -(a + b)$$

$$(+a) \cdot (+b) = +ab \qquad (-a) \cdot (+b) = -ab$$

$$(+a) \cdot (-b) = -ab \qquad (-a) \cdot (-b) = +ab$$

$$\frac{(+a)}{(+b)} = +\frac{a}{b} \qquad \frac{(+a)}{(-b)} = -\frac{a}{b} \qquad \frac{(-a)}{(+b)} = -\frac{a}{b} \qquad \frac{(-a)}{(-b)} = +\frac{a}{b}$$

$$(a - b)\, c = ac - bc$$

Действия с нулем

$$a+0=a;\quad a-0=a;\quad a\cdot 0=0\cdot a=0;\ \frac{0}{a}=0;\ \frac{a}{0}=\infty$$

Действия с дробями

$$\frac{a}{b}=\frac{a\cdot m}{b\cdot m} \qquad \frac{a}{b}=\frac{a:m}{b:m}$$

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{b}=\frac{a+c}{b} \qquad \frac{a}{b}-\frac{c}{b}=\frac{a-c}{b}$$

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}=\frac{ad+bc}{bd} \qquad \frac{a}{b}-\frac{c}{d}=\frac{ad-bc}{bd}$$

$$\frac{a}{b}\cdot m=m\cdot\frac{a}{b}=\frac{ma}{b} \qquad \frac{a}{b}:m=\frac{a:m}{b}=\frac{a}{mb}$$

$$a:\frac{b}{c}=a\cdot\frac{c}{b}=\frac{ac}{b} \qquad \frac{a}{b}:\frac{c}{d}=\frac{ad}{bc}$$

$$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}=\frac{ac}{bd}$$

Среднее арифметическое n величин $=\dfrac{a_1+a_2+a_3+\ldots+a_n}{n}$.

Среднее арифметическое двух величин $=\dfrac{a_1+a_2}{2}$.

Среднее геометрическое n величин $=\sqrt[n]{a_1\cdot a_2\cdot a_3\ldots a_n}$.

Среднее геометрическое двух величин $=\sqrt{a_1\cdot a_2}$.

2-3. СТЕПЕНИ И КОРНИ

	Примеры
$a^n=\overbrace{a\cdot a\cdot a\cdot\ldots\cdot a}^{n\text{ раз}}$	$5^3=5\cdot5\cdot5=125$
$10^n=\overbrace{10\cdot10\cdot10\cdot\ldots10}^{n\text{ раз}}=\overbrace{1000\ldots0}^{n\text{ нулей}}$	$10^5=10\cdot10\cdot10\cdot10\cdot10=100\,000$
$a^1=a$	$5^1=5$
$a^0=1$	$20^0=1$
$a^{-n}=\dfrac{1}{a^n}$	$5^{-2}=\dfrac{1}{5^2}=0{,}04$
$a^{\frac{1}{n}}=\sqrt[n]{a}$	$27^{\frac{1}{3}}=\sqrt[3]{27}=3$
$a^{\frac{m}{n}}=\sqrt[n]{a^m}$	$4^{\frac{3}{2}}=\sqrt{4^3}=8$

Действия со степенями и корнями

	Примеры
$(abc\ldots)^n = a^n b^n c^n \ldots$	$(2\cdot4\cdot5)^2 = 2^2\cdot4^2\cdot5^2 = 1\,600$
$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$	$\left(\frac{2}{4}\right)^3 = \frac{2^3}{4^3} = 0{,}125$
$a^n b^n c^n \ldots = (abc\ldots)^n$	$2^3\cdot3^3\cdot4^3 = (2\cdot3\cdot4)^3 = 13\,824$
$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$	$\frac{4^2}{2^2} = \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 4$
$a^m\cdot a^n = a^{m+n}$	$3^2\cdot3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$
$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$\frac{10^4}{10^2} = 10^{4-2} = 10^2 = 100$
$(a^m)^n = a^{mn}$	$(2^2)^3 = 2^{2\cdot3} = 2^6 = 64$
$\sqrt[n]{abc} = \sqrt[n]{a}\cdot\sqrt[n]{b}\cdot\sqrt[n]{c}$	$\sqrt{4\cdot9\cdot25} = \sqrt{4}\cdot\sqrt{9}\cdot\sqrt{25} = 30$
$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$	$\sqrt[3]{\frac{8}{27}} = \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{27}} = \frac{2}{3}$
$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$	$\frac{\sqrt{16}}{\sqrt{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$
$\left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \sqrt[n]{a^m}$	$\left(\sqrt{25}\right)^3 = \sqrt{25^3} = 125$

2-4. ФОРМУЛЫ СОКРАЩЕННОГО УМНОЖЕНИЯ

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \qquad (a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \qquad (a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2) \qquad a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

2-5. ЛОГАРИФМЫ

Логарифм числа x при основании A, т. е. $\log_A x$ есть показатель степени n, в которую нужно возвести основание A, чтобы получить число x:

$$x = A^n;\ \log_A x = n.$$

Пример. $25 = 5^2$; $\log_5 25 = 2$.

Десятичный логарифм ($\log_{10} x$, обозначается $\lg x$) есть логарифм числа x при основании 10:

$$x = 10^n;\ \lg x = n.$$

Пример. $x = 10^3$; $\lg x = 3$.

Натуральный логарифм (обозначается $\ln x$) есть логарифм числа x при основании $e = 2,718$*...

$$x = e^n;\ \ln x = n.$$

Пример. $4,5 = e^{1,5}$; $\ln 4,5 = 1,5$.

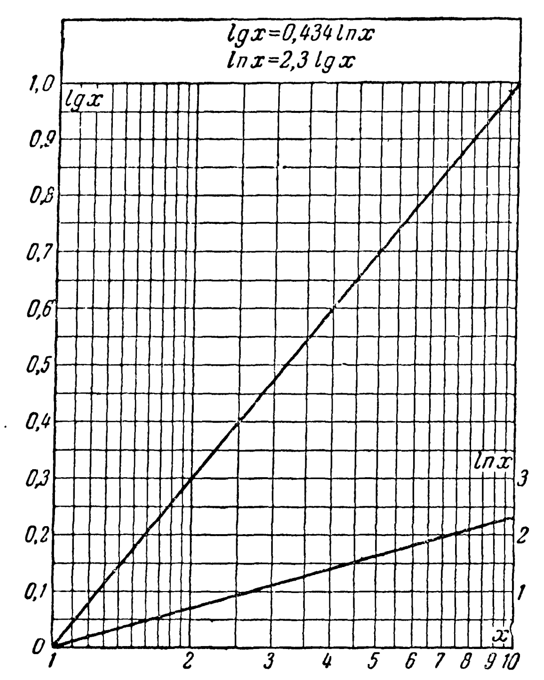


График для нахождения логарифма числа.

Логарифм состоит из целой части — *характеристики* и дробной части — *мантиссы*.

Характеристика десятичного логарифма представляет собой цифру, на единицу меньшую, чем количество знаков в целой части числа.

Характеристика числа, меньшего единицы, отрицательная; число единиц в ней равно количеству нулей, стоящих влево от первой значащей цифры, включая и „нуль целых" (например, $\lg 0,45 = \bar{1},65$ $\lg 0,045 = \bar{2},65$).

Для натуральных логарифмов характеристика умножается на коэффициент $n=2,3$.

Мантисса находится из графика или разыскивается в специальных таблицах.

Логарифмирование позволяет упростить математические действия. Для этого числа заменяются их логарифмами, для которых затем применяется сложение вместо умножения, вычитание вместо деления, умножение вместо возведения в степень и деление вместо извлечения корня.

$$\lg a \cdot b = \lg a + \lg b \qquad \lg 5 \cdot 8 = \lg 5 + \lg 8$$

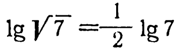
$$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b \qquad \lg \frac{3}{5} = \lg 3 - \lg 5$$

$$\lg a^n = n \lg a \qquad \lg 6^3 = 3 \lg 6$$

$$\lg \frac{1}{a^n} = \lg a^{-n} = -n \lg a \qquad \lg \frac{1}{4^3} = -3 \lg 4$$

* Число $e = 2,718...$ часто применяется в радиотехнике **в выражениях для затухания, заряда и разряда конденсатора, токов замыкания и размыкания в катушках, нагрева и охлаждения, тока эмиссии и т. д**

$$\lg \sqrt{a} = \lg a^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \lg a$$



$$\lg \sqrt[n]{a^m} = \lg a^{\frac{m}{n}} = \frac{m}{n} \lg a \qquad \lg \sqrt[3]{8^2} = \frac{2}{3} \lg 8$$

Для получения результатов расчета после логарифмирования производится обратное действие — определение числа по найденному логарифму.

Пример 1. lg 4,5 = 0,65 (логарифмы чисел от 1 до 10 находятся непосредственно из графика).

Пример 2. lg 5 250 = ?

Характеристика (по определению) = 3, а мантисса (по графику для $x = 5,25) \approx 0,73$. Отсюда lg 5 250 = 3 + 0,73 = 3,73.

Пример 3. ln 4,5 = 1,5 (непосредственно из графика)

Пример 4. ln 5 250 = ?
Характеристика (по определению) = 3 n, а мантисса (по графику для $x = 5,25) \approx 1,7$

Отсюда ln 5 250 = $3n + 1,7 =$
$= 3 \cdot 2,3 + 1,7 = 8,6$.

Пример 5. $x = 5\,250 \cdot 4,5$.

Значит, lg x = lg 5 250 + + lg 4,5 = 3,73 + 0,65 = 4,38.

Отсюда по графику для lg x = 0,38 находим значение $x = 2,4$. Так как характеристика равна 4, то количество знаков искомого числа равно 5. Следовательно, $x \approx 24\,000$.

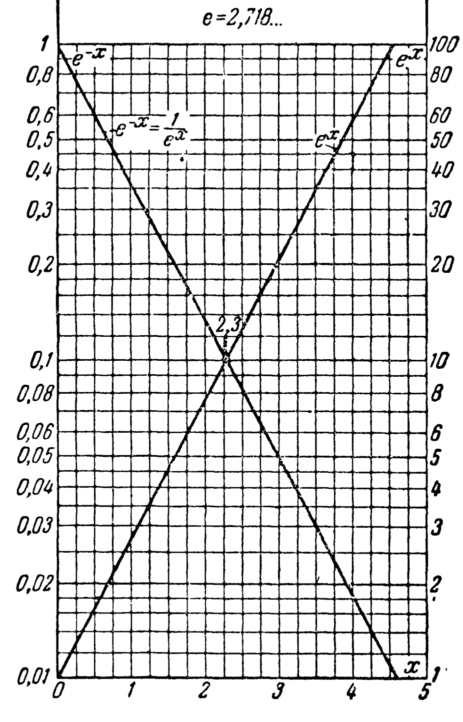
Пример 6. $x = \frac{250}{0,05}$.

$\lg x = \lg 250 - \lg 0,05 =$

$= 2,4 - \bar{2},7 = 2,4 - (-2) - 0,7 = 3,7.$

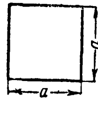
Следовательно, $x = 5\,000$

График для определения величин e^x и e^{-x}



2-6. ПЛОЩАДИ (S) ФИГУР

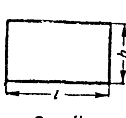
Квадрат



$S = a^2$

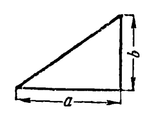
$a = \sqrt{S}$

Прямоугольник



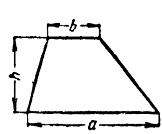
$S = lh$

Прямоугольный треугольник



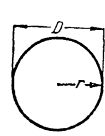
$S = \frac{ab}{2}$

Трапеция



$S = \frac{(a + b)h}{2}$

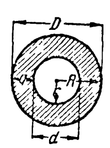
Круг



$S = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4}$

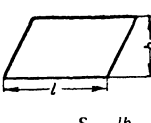
(окружность $= 2\pi r = \pi D$)

Кольцо



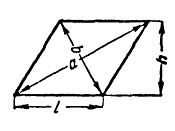
$S = \pi (R^2 - r^2) = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi (d + q) q$

Параллелограмм



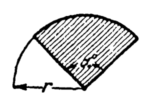
$S = lh$

Ромб



$S = lh = \frac{ab}{2}$

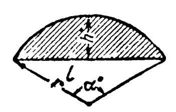
Сектор



$S = \frac{\pi r^2 \alpha^\circ}{360}$

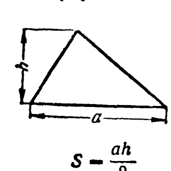
(дуга $= 0{,}017\ r\alpha^\circ$)

Сегмент



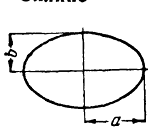
$S = \frac{\pi r^2 \alpha^\circ}{360} - \frac{l(r-h)}{2}$

Треугольник



$S = \frac{ah}{2}$

Эллипс

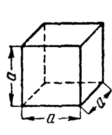


$S = \pi ab$

2-7. ПОВЕРХНОСТИ (S) И ОБЪЕМЫ (V)



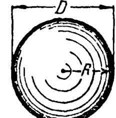
Куб



$S = 6a^2$

$V = a^3$

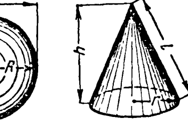
Шар



$S = 4\pi R^2 = \pi D^2$

$V = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{\pi D^3}{6}$

Конус

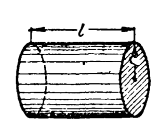


$S_{бок} = \pi rl$

$S_{полн} = \pi r (l + r)$

$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

Цилиндр

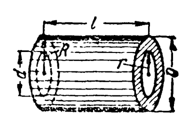


$S_{бок} = 2\pi rl$

$V = \pi r^2 l$

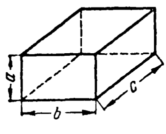
$S_{полн} = 2\pi r (l + r)$

Полый цилиндр (труба)



$V = \pi (R^2 - r^2) l = \frac{\pi l}{4} (D^2 - d^2)$

Параллелепипед

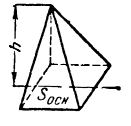


$S = 2(ab + ac + bc)$

$V = abc$

Пирамида

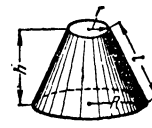




$V = \frac{S_{осн} h}{3}$

Усеченный конус



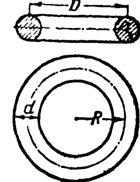


$S_{бок} = \pi l (R + r)$

$S_{полн} = \pi [R^2 + r^2 + l(R + r)]$

$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$

Тор (кольцо)



$S = 4\pi^2 Rr = \pi^2 Dd$

$V = \frac{\pi^2 Dd^2}{4} = 2\pi^2 Rr^2$

2-8. УГЛОВЫЕ МЕРЫ

Углы выражаются в градусных и дуговых мерах.

Градусные меры. Единицей в этих мерах служит градус (°)—$^1/_{90}$ часть прямого угла. В соответствии с этим полная окружность содержит 360°.

$1° = 60'$ (минут); $1' = 60''$ (секунд); прямой угол $= 90°$.

Дуговые меры. Единицей в этих мерах служит радиан — угол, у которого длина дуги равна радиусу. В градусной мере 1 радиан $= \frac{360}{2\pi} = 57°17'44{,}8''$.

Угол в радианах выражается отвлеченным числом, которое дает отношение данного угла к радиану (т. е. показывает, сколько радианов содержится в данном угле).

Пересчет градусов в радианы

Угол α в радианах равен числу 0,0175, умноженному на угол в градусах (например, угол $\alpha = 20°$, выраженный в радианах, равен $0{,}0175 \cdot 20 = 0{,}35$).

Угол α в градусах равен числу 57, умноженному на угол в радианах (например, угол $\alpha = 1{,}5$ радиана, выраженный в градусах, равен $57 \cdot 1{,}5 = 85{,}5°$).

Важнейшие углы

в градусах	в радианах
1°	0,0175
57,3°	1
90°	$\pi/2$, или 1,57
180°	π, или 3,14
270°	$3\pi/2$, или 4,71
360°	2π, или 6,28

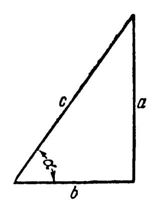
2-9. ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ УГЛА

Основные тригонометрические функции: синус (sin); косинус (cos); тангенс (tg), котангенс (ctg).

Для острого угла

$$\frac{a}{c} = \sin\alpha, \quad \frac{b}{c} = \cos\alpha,$$

$$\frac{a}{b} = \operatorname{tg}\alpha \text{ и } \frac{b}{a} = \operatorname{ctg}\alpha.$$

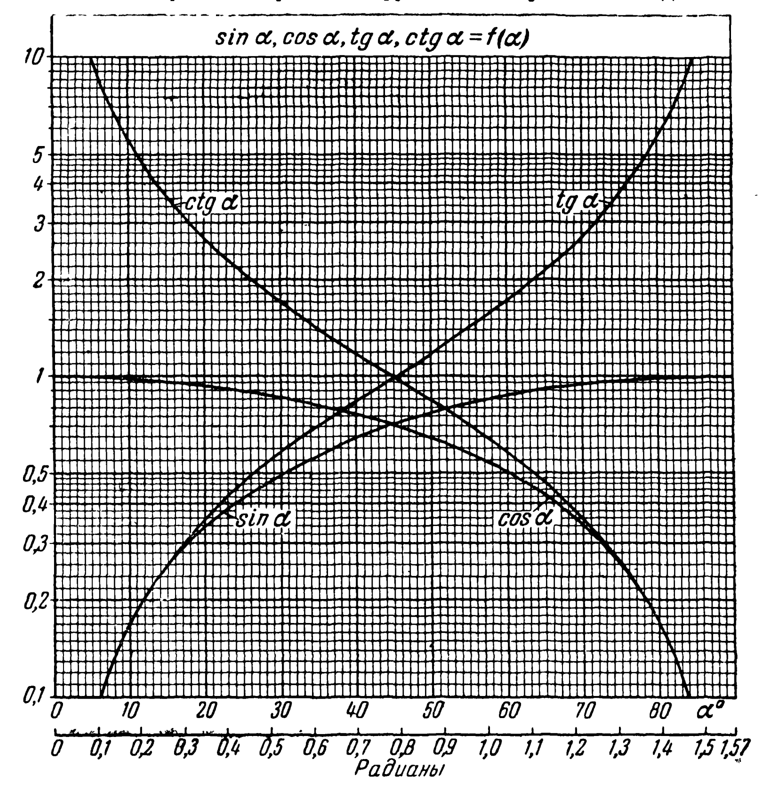


$$\sin\alpha = \cos(90 - \alpha),$$
$$\cos\alpha = \sin(90 - \alpha),$$
$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{ctg}(90 - \alpha),$$
$$\operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{tg}(90 - \alpha).$$

Значения тригонометрических функций для важнейших углов

Угол α	sin	cos	tg	ctg
0°	0	1	0	∞
30°	0,5	$\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}866$	$\frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0{,}577$	$\sqrt{3} \approx 1{,}732$
45°	$\frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}707$	$\frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}707$	1	1
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}866$	0,5	$\sqrt{3} \approx 1{,}732$	$\frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0{,}577$
90°	1	0	∞	0

Значение тригонометрических функций для углов от 0° до 90°



Если угол больше 90°, но меньше 360°, то его тригонометрические функции определяются следующим образом:

находится разность между данным углом и ближайшим к нему из углов в 180° или в 360° и затем вычисляется нужная функция от этой разности; перед результатом ставится знак „+" или „—" (по таблице).

Функция	Величина угла			Функция	Величина угла		
	90° ÷ 180°	180° ÷ 270°	270° ÷ 360°		90° ÷ 180°	180° ÷ 270°	270° ÷ 360°
sin	+	—	—	tg	—	+	—
cos	—	—	+	ctg	—	+	—

Примеры: sin 300° = — sin 60° (так как 360° — 300° = 60°), cos 145° = —cos 35° (так как 180° — 145° = 35°); tg 230° = + tg 50° (так как 230° — 180° = 50°).

Для малых углов (до 10°) значения длины дуги (т. е. угол в радианах), синуса и тангенса практически одинаковы и изменяются прямо пропорционально углу

$$\alpha \text{ (радиан)} \approx \sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha.$$

α°	1	2	3	4		10
α радиан	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,175
$\sin\alpha$	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,174
$\operatorname{tg}\alpha$	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,176

Угол $1'$ в радианах $\approx 0{,}003$

Значения некоторых тригонометрических функций, встречающихся в радиотехнических расчетах

$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta;\quad \sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cdot\cos\beta + \cos\alpha\cdot\sin\beta;$$

$$\cos\alpha\cdot\cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)];\quad \sin\alpha\cdot\sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)];$$

$$\cos^2\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 2\alpha;\qquad \sin^2\alpha = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos 2\alpha;$$

$$\cos^3\alpha = \frac{3}{4}\cos\alpha + \frac{1}{4}\cos 3\alpha;\qquad \sin^3\alpha = \frac{3}{4}\sin\alpha - \frac{1}{4}\sin 3\alpha;$$

$$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1.$$

2-10. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Если приближенное число содержит лишние или неверные знаки, то его следует округлить. При округлении сохраняются только верные знаки, лишние знаки отбрасываются, причем если первая отбрасываемая цифра больше 4, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Если отбрасываемая часть состоит только из одной цифры 5, то округляют обычно так, чтобы последняя цифра оставалась четной.

Примеры: $73{,}54 \approx 73{,}5$; $73{,}55 \approx 73{,}6$;
$0{,}7345 \approx 0{,}734$; $99{,}96 \approx 100{,}0$;
$73\,542 \approx 735\cdot 10^2$.

2. При сложении и вычитании приближенных чисел в результате следует сохранять столько десятичных знаков, сколько их имеется в приближенном числе с наименьшим количеством десятичных знаков.

Пример. $274{,}1 + 87{,}43 \approx 361{,}5$

3. При умножении и делении в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное число с наименьшим количеством значащих цифр (без нулей).

Примеры. $3{,}2\cdot 12{,}56 = 40{,}192 \approx 40{,}2$, $\frac{243{,}25}{11{,}2} \approx 21{,}7$.

4. При возведении в квадрат и куб в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет возводимое в степень приближенное число.

Пример. $3{,}14^2 = 9{,}8696 \approx 9{,}87$.

5. При извлечении квадратного или кубического корня в результате следует брать столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное приближенное число.

Пример $\sqrt{31} = 5{,}4772 \approx 5{,}5$.

6. Если некоторые приближенные числа имеют больше десятичных знаков (при сложении или вычитании) или больше значащих цифр (при умножении, делении, возведении в степень, извлечении корня), чем другие, то их предварительно следует округлять, сохраняя только одну лишнюю цифру.

Примеры. $103{,}7 - 21{,}3385 \approx 103{,}7 - 21{,}31 \approx 82{,}4$;
$1{,}2 \cdot 37{,}82 \cdot 27{,}425 \approx 1{,}2 \cdot 37{,}8 \cdot 27{,}4 \approx 1{,}2 \cdot 10^3$;
$\frac{4{,}3}{0{,}63152} \approx \frac{4{,}3}{0{,}634} \approx 6{,}8$.

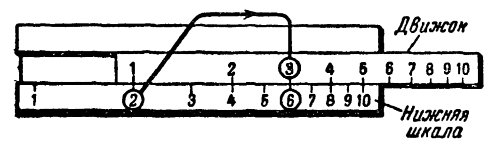
2-11. ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙКА

Логарифмическая линейка, устройство которой основано на использовании свойств логарифмов, позволяет быстро производить вычисления с точностью до трех знаков, вполне достаточной для большинства радиотехнических расчетов.

Основные и простейшие вычисления при ее помощи — умножение и деление.

Умножение. Умножить 2 на 3.

Передвигаем движок так, чтобы цифра 1 на движке пришлась против цифры 2 на нижней шкале линейки, тогда против цифры 3 на шкале движка читаем на нижней шкале линейки ответ — 6.



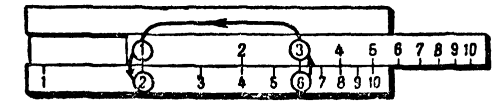
Для многозначных чисел порядок действия такой же.

Если при перемножении движок выдвигается вправо, то число знаков в целой части произведения равно сумме чисел знаков сомножителей минус единица. Например, $20 \times 40 = 800$ (в множимом и множителе по два знака, сумма знаков — четыре, значит в произведении будет на один знак меньше, т. е. три знака).

Если движок выдвигается влево, — число знаков в произведении равно сумме чисел знаков сомножителей ($30 \times 4 = 120$).

Деление. Разделить 6 на 3.

Передвигаем движок так, чтобы цифра 3 на шкале движка пришлась против цифры 6 на нижней шкале линейки. Тогда против цифры 1 на шкале движка читаем на нижней шкале линейки ответ — 2.



Для многозначных чисел порядок действия такой же.

Если при делении движок выходит направо, то число знаков в целой части частного равно разности чисел знаков делимого и делителя плюс единица $(80 : 4 = 20)$.

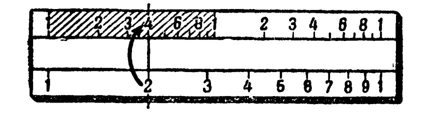
Если движок выходит налево, то число знаков частного равно разности чисел знаков делимого и делителя $(40 : 5 = 8)$.

На практике при вычислениях при помощи линейки ответ обычно приближенно прикидывается в уме и, таким образом, определяется число знаков в произведении или в частном.

Возведение в квадрат. Возвести в квадрат 2.

Установим визирную линию бегунка (подвижной рамки) на число 2 на нижней шкале линейки, тогда результат прочтем на верхней шкале линейки.

Если квадрат числа находится в правой половине верхней шкалы, то число знаков в его целой части равно удвоенному количеству зна-

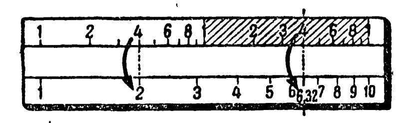


ков числа, возводимого в квадрат. Если квадрат находится в левой половине (на рисунке заштрихована), то число знаков в его целой части равно удвоенному числу знаков минус единица (например, $2^2 = 4$; $7^2 = 49$). На практике и в этом случае ответ приближенно прикидывается в уме.

Извлечение квадратного корня. Извлечь корень из 4.

Поставим визирную линию бегунка на цифру 4 в левой половине верхней шкалы линейки, тогда на нижней шкале линейки прочтем ответ 2.

Если визир бегунка установить на цифру 4 в правой части шкалы линейки (что соответствует числам с четным количеством цифр, напри-



мер 40, 4 000 и т. д.), то на нижней шкале прочтем ответ 6,32, 63,2 и т. д.

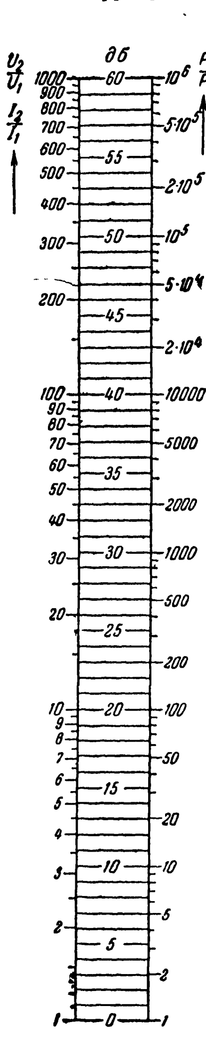
Чтобы решить, в какой половине верхней шкалы линейки (в левой или правой) нужно искать подкоренное число, пользуются следующим правилом.

Подкоренное число разбивают на группы по две цифры влево от запятой, если оно равно или больше единицы, и вправо от запятой, если оно меньше единицы. Например, число 2125,03 разбивают на две группы влево от запятой, т. е. 21|25,03, соответственно, число 300 разбивают на 3|00, число 0,005 разбивают на две группы вправо от запятой, т. е. 0,00|5.

Если в крайней левой группе (для чисел $\geqslant 1$) или в той, которая идет за сплошными нулями (для чисел < 1), окажется одна цифра, то нужно пользоваться левой половиной верхней шкалы линейки (как

было сделано для $\sqrt{4}$), а если две цифры, — то правой половиной (как для $\sqrt{40}$).

Количество цифр целой части искомого числа для чисел $\geqslant 1$ равно числу всех групп, на которые было разбито подкоренное число, включая и неполные. Для чисел меньше 1 количество нулей после запятой равно числу нулевых групп в подкоренном числе, при этом «нуль целых» за группу не считается.

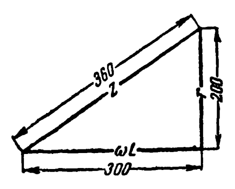


Пример 1. $\sqrt{200}$. Число 200 больше единицы и разбивается на две группы. В крайней левой группе одна цифра, следовательно, пользоваться надо левой половиной верхней шкалы. Ответ (на нижней шкале линейки) — один-четыре-один-четыре. Так как групп две, то искомое число равно 14,14.

Пример 2. $\sqrt{0,000002}$. Число 0,000002 меньше единицы и разбивается на три группы. В группе, идущей за сплошными нулями, — одна значащая цифра. Следовательно, пользоваться надо левой половиной верхней шкалы. Число групп со сплошными нулями — две. Ответ — 0,001414.

2-12. ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЙ

Часто встречающиеся вычисления вида $x = \sqrt{a^2 + b^2}$ (например, при суммировании активного и реактивного сопротивлений) можно быстро решить графическим способом. Для это-



го на миллиметровой бумаге строится прямоугольный треугольник, у которого катеты откладываются в определенном масштабе, тогда гипотенуза даст искомую величину x в том же масштабе.

Пример. Определить полное сопротивление Z дросселя с $L = 1$ *гн* и $r = 200$ *ом* при частоте 50 *гц*

$$Z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2};\ \omega L = 2\pi f L = 6,28\cdot 50\cdot 1 = 314 \approx 300$$

$$\text{и } Z \approx \sqrt{300^2 + 200^2} \approx 360.$$

2-13. ДЕЦИБЕЛЫ

Децибел — логарифмическая единица измерения, используемая для измерения отношения двух значений какой-либо величины или для выражения усиления или ослабления этой величины.

В радиотехнике применяется для измерения усиления, т. е. отношения напряжений, токов или мощностей, в акустике — для измерения звукового давления или уровня громкости, т. е. отношения звуковых давлений или громкостей.

Усиление (или ослабление)		
	в числовом выражении	в децибелах
По мощности (а также по громкости и силе звука)	в $\frac{P_1}{P_2}$ раз	на $10 \lg \frac{P_1}{P_2}$ *дб*
По напряжению (а также по звуковому давлению)	в $\frac{U_1}{U_2}$ раз	на $20 \lg \frac{U_1}{U_2}$ *дб*
По току	в $\frac{I_1}{I_2}$ раз	на $20 \lg \frac{I_1}{I_2}$ *дб*

Пример 1. Усиление по напряжению в 100 раз (т. е. отношение напряжений 100: 1) в децибелах $= 20 \lg 100 = 20 \cdot 2 = 40$ *дб*.

Пример 2. Усиление по мощности в 1 000 раз (т. е. отношение мощностей 1 000: 1) в децибелах $= 10 \lg 1\,000 = 10 \cdot 3 = 30$ *дб*.

Если нужно показать, что одна величина меньше другой, с которой она сравнивается (отношение меньше единицы), то перед числом децибел ставится знак минус.

Пример. Отношение напряжений 1:10 (ослабление в 10 раз) в децибелах$=20 \lg \frac{1}{10} = 20 \cdot (-1) = -20$ *дб*.

2-14. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

В таблице даны квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, обратные величины, длины окружностей и площади кругов для чисел x от 1 до 100.

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	0,00	0,00
1	1	1	1,0000	1,0000	1,00000	3,14	0,79
2	4	8	1,4142	1,2599	0,50000	6,28	3,14
3	9	27	1,7321	1,4422	0,33333	9,42	7,07
4	16	64	2,0000	1,5874	0,25000	12,57	12,57
5	25	125	2,2361	1,7100	0,20000	15,71	19,64
6	36	216	2,4495	1,8171	0,16667	18,85	28,27
7	49	343	2,6458	1,9129	0,14286	21,99	38,48
8	64	512	2,8284	2,0000	0,12500	25,13	50,26
9	81	729	3,0000	2,0801	0,11111	28,27	63,62
10	100	1 000	3,1623	2,1544	0,10000	31,42	78,54
11	121	1 331	3,3166	2,2240	0,09091	34,56	95,03
12	144	1 728	3,4641	2,2894	0,08333	37,70	113,10
13	169	2 197	3,6056	2,3513	0,07692	40,84	132,73
14	196	2 744	3,7417	2,4101	0,07143	43,98	153,94
15	225	3 375	3,8730	2,4662	0,06667	47,12	176,71
16	256	4 096	4,0000	2,5198	0,06250	50,27	201,06
17	289	4 913	4,1231	2,5713	0,05882	53,41	226,98
18	324	5 832	4,2426	2,6207	0,05556	56,55	254,47
19	361	6 859	4,3589	2,6684	0,05263	59,69	283,53
20	400	8 000	4,4721	2,7144	0,05000	62,83	314,16

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
21	441	9 261	4,5826	2,7589	0,04762	65,97	346,36
22	484	10 648	4,6904	2,8020	0,04545	69,12	380,13
23	529	12 167	4,7958	2,8439	0,04348	72,26	415,48
24	576	13 824	4,8990	2,8845	0,04167	75,40	452,39
25	625	15 625	5,0000	2,9240	0,04000	78,54	490,87
26	676	17 576	5,0990	2,9625	0,03846	81,68	530,93
27	729	19 683	5,1962	3,0000	0,03704	84,82	572,56
28	784	21 952	5,2915	3,0366	0,03571	87,96	615,75
29	841	24 389	5,3852	3,0723	0,03448	91,11	660,52
30	900	27 000	5,4772	3,1072	0,03333	94,25	706,86
31	961	29 791	5,5678	3,1414	0,03226	97,39	754,77
32	1 024	32 768	5,6569	3,1748	0,03125	100,5	804,25
33	1 089	35 937	5,7446	3,2075	0,03030	103,7	855,30
34	1 156	39 304	5,8310	3,2396	0,02941	106,8	907,92
35	1 225	42 875	5,9161	3,2711	0,02857	110,0	962,11
36	1 296	46 656	6,0000	3,3019	0,02778	113,1	1017,9
37	1 369	50 653	6,0828	3,3322	0,02703	116,2	1075,2
38	1 444	54 872	6,1644	3,3620	0,02632	119,4	1134,1
39	1 521	59 319	6,2450	3,3912	0,02564	122,5	1194,6
40	1 600	64 000	6,3246	3,4200	0,02500	125,7	1256,6
41	1 681	68 921	6,4031	3,4482	0,02439	128,8	1320,3
42	1 764	74 088	6,4807	3,4760	0,02381	131,9	1385,4
43	1 849	79 507	6,5574	3,5034	0,02326	135,1	1452,2
44	1 936	85 184	6,6332	3,5303	0,02273	138,2	1520,5
45	2 025	91 125	6,7082	3,5569	0,02222	141,4	1590,4
46	2 116	97 336	6,7823	3,5830	0,02174	144,5	1661,9
47	2 209	103 823	6,8557	3,6088	0,02128	147,7	1734,9
48	2 304	110 592	6,9282	3,6342	0,02083	150,8	1809,6
49	2 401	117 649	7,0000	3,6593	0,02041	153,9	1885,7
50	2 500	125 000	7,0711	3,6840	0,02000	157,1	1963,5
51	2 601	132 651	7,1414	3,7084	0,01961	160,2	2042,8
52	2 704	140 608	7,2111	3,7325	0,01923	163,4	2123,7
53	2 809	148 877	7,2801	3,7563	0,01887	166,5	2206,2
54	2 916	157 464	7,3485	3,7798	0,01852	169,6	2290,2
55	3 025	166 375	7,4162	3,8030	0,01818	172,8	2375,8
56	3 136	175 616	7,4833	3,8259	0,01786	175,9	2463,0
57	3 249	185 193	7,5498	3,8485	0,01754	179,1	2551,8
58	3 364	195 112	7,6158	3,8709	0,01724	182,2	2642,1
59	3 481	205 379	7,6811	3,8930	0,01695	185,4	2734,0
60	3 600	216 000	7,7460	3,9149	0,01667	188,5	2827,4
61	3 721	226 981	7,8102	3,9365	0,01639	191,6	2922,5
62	3 844	238 328	7,8740	3,9579	0,01613	194,8	3019,1
63	3 969	250 047	7,9373	3,9791	0,01587	197,9	3117,2
64	4 096	262 144	8,0000	4,0000	0,01563	201,1	3217,0
65	4 225	274 625	8,0623	4,0207	0,01538	204,2	3318,3
66	4 356	287 496	8,1240	4,0412	0,01515	207,3	3421,2
67	4 489	300 763	8,1854	4,0615	0,01493	210,5	3525,7
68	4 624	314 432	8,2462	4,0817	0,01471	213,6	3631,7
69	4 761	328 509	8,3066	4,1016	0,01449	216,8	3739,3
70	4 900	343 000	8,3666	4,1213	0,01429	219,9	3848,5
71	5 041	357 911	8,4261	4,1408	0,01408	223,1	3959,2
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	0,01389	226,2	4071,5
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	0,01370	229,3	4185,4
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	0,01351	232,5	4300,8
75	5 625	421 875	8,6603	4,2172	0,01333	235,6	4417,9

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	0,01316	238,8	4536,5
77	5 929	456 533	8,7750	4,2543	0,01299	241,9	4656,6
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	0,01282	245,0	4778,4
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	0,01266	248,2	4901,7
80	6 400	512 000	8,9443	4,3089	0,01250	251,3	5026,5
81	6 561	531 441	9,0000	4,3267	0,01235	254,5	5153,0
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	0,01220	257,6	5281,0
83	6 889	571 787	9,1104	4,3621	0,01205	260,8	5410,6
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	0,01190	263,9	5541,8
85	7 225	614 125	9,2195	4,3968	0,01176	267,0	5674,5
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	0,01163	270,2	5808,8
87	7 569	658 503	9,3274	4,4310	0,01149	273,3	5944,7
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	0,01136	276,5	6082,1
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	0,01124	279,6	6221,1
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	0,01111	282,7	6361,7
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	0,01099	285,9	6503,9
92	8 464	778 688	9,5917	4,5144	0,01087	289,0	6647,6
93	8 649	804 357	9,6437	4,5307	0,01075	292,2	6792,9
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	0,01064	295,3	6939,8
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	0,01053	298,5	7088,2
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	0,01042	301,6	7238,2
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	0,01031	304,7	7389,8
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	0,01020	307,9	7543,0
99	9 801	970 299	9,9499	4,6261	0,01010	311,0	7697,7
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	0,01000	314,2	7854,0

ЛИТЕРАТУРА

Выгодский М. Я., Справочник по элементарной математике, Гостехтеоретиздат, 1952, 412 с.

Брадис В. М., Средства и способы элементарных вычислений, Учпедгиз. 1954, 230 с.,

Панов Д. Ю., Счетная линейка, Гостехтеоретиздат, 1952, 128 с.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И РАДИОТЕХНИКИ

3-1. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ

В приводимой ниже таблице абсолютной практической рационализированной системы единиц МКСА (MKSM) даны наименования, размерность и условные обозначения некоторых наиболее употребительных в радиолюбительской практике единиц.

В системе МКСА за основные единицы приняты три механические единицы — метр (единица длины), килограмм (единица массы), секунда (единица времени) и одна электрическая единица — ампер (единица тока) Единицы всех остальных электрических и механических величин определяются через эти четыре основные единицы.

Абсолютная практическая система единиц **МКСА** наиболее распространена в электротехнике и рекомендована для применения во всех областях науки и техники, однако в настоящее время в научной и технической литературе применяются и другие системы единиц: абсолютная электростатическая система СГСЭ, абсолютная электромагнитная СГСМ и др.

Для перехода от одной системы единиц к другой можно воспользоваться колонками 6 и 7 таблицы на стр. 26 и 27.

Приведенные в колонке 3 (размерность) данные могут служить для проверки получаемых уравнений и для перехода к другим единицам. При этом необязательно выражать рассматриваемые единицы через основные. Поэтому в таблице, кроме размерностей, выраженных через основные единицы, указаны размерности в практически наиболее удобной форме.

Абсолютная практическая рационализированная система единиц МКСА (MKSM)

Величина	Наименование	Размерность	Обозначение единицы		Содержит единицы нерационализированных систем СГС	
			русским шрифтом	латинским и греческим шрифтом	СГСЭ (CGSE)	СГСМ (CGSM)
1	2	3	4	5	6	7
1. Основные единицы						
Длина	метр	*м*	*м*	m	10^2 (*см*)	10^2 (*см*)
Масса	килограмм	*кг*	*кг*	kg	10^3 (*г*)	10^3 (*г*)
Время	секунда	сек.	сек.	sec	1 (сек.)	1 (сек.)
Ток	ампер	*а*	*а*	A	$3\cdot10^9$	10^{-1}
2. Механические единицы						
Скорость	метр в секунду	*м/сек*	*м/сек*	m/sec	10^2	10^2
Ускорение	метр в секунду за секунду	*м/сек*^{2}	*м/сек*^{2}	m/sec^2	10^2	10^2
Энергия, работа	джоуль или ватт-секунда	$\frac{кг\cdot м^2}{сек^2} = дж$	*дж*	J	10^7 (*эрг*)	10^7 (*эрг*)
Сила	ньютон	$\frac{кг\cdot м}{сек^2} = дж/м$	*н*	N	10^5 (*дин*)	10^5 (*дин*)
Мощность	ватт	$\frac{кг\cdot м^2}{сек^3} = дж/сек$	*вт*	W	10^7	10^7

Величина	Наименование	Размерность	Обозначение единицы		Содержит единицы нерационализированных систем СГС	
			русским шрифтом	латинским и греческим шрифтом	СГСЭ (CGSE)	СГСМ (CGSM)
1	2	3	4	5	6	7
3. Электрические единицы						
Количество электричества	кулон	$а \cdot сек = к$	$к$	C	$3 \cdot 10^{9}$	10^{-1}
Разность электрических потенциалов, напряжение, э. д. с.	вольт	$\frac{кг \cdot м^{2}}{а \cdot сек^{3}} = в$	$в$	V	$\frac{1}{300}$	10^{8}
Напряженность электрического поля	вольт на метр	$\frac{кг \cdot м}{а \cdot сек^{3}} = в/м$	$в/м$	V/m	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-4}$	10^{6}
Электрическая емкость	фарада	$\frac{а^{2} \cdot сек^{4}}{кг \cdot м^{2}} = \frac{а \cdot сек}{в} = \frac{сек}{ом}$	$ф$	F	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}
Плотность тока	ампер на квадратный метр	$а/м^{2}$	$а/м^{2}$	A/m^{2}	$3 \cdot 10^{5}$	10^{-5}
Электрическое сопротивление	ом	$\frac{кг \cdot м^{2}}{а^{2} \cdot сек^{3}} = \frac{в}{а}$	$ом$	Ω	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$	10^{9}
Удельное сопротивление	ом, умноженный на метр	$\frac{кг \cdot м^{3}}{а^{2} \cdot сек^{3}} = ом \cdot м$	$ом \cdot м$	Ω m	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-9}$	10^{11}
Удельная проводимость	единица на ом на метр	$\frac{а^{2} \cdot сек^{3}}{кг \cdot м^{3}} = \frac{1}{ом \cdot м}$	$\frac{1}{ом \cdot м}$	$\frac{1}{\Omega m}$	$9 \cdot 10^{9}$	11^{-11}
4. Магнитные единицы						
Магнитный поток	вольт-секунда	$\frac{кг \cdot м^{2}}{а \cdot сек^{2}} = в\text{-}с$	$в\text{-}с$	V sec	$\frac{1}{300}$	10^{8} (максвел)
Магнитная индукция	вольт-секунда на кв. метр	$\frac{кг}{а \cdot сек^{2}} = \frac{в\text{-}с}{м^{2}}$	$\frac{в\text{-}с}{м^{2}}$	$\frac{V sec}{m^{2}}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-6}$	10^{4} (гаусс)
Намагниченность	ампер на метр	$а/м$	$а/м$	A/m	$3 \cdot 10^{7}$	10^{-3} (гаусс или эрстед)
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	$а/м$	$а/м$	A/m	$4\pi \cdot 3 \cdot 10^{7}$	$4\pi \cdot 10^{-3}$ (эрстед)
Индуктивность собственная или взаимная	генри	$\frac{кг \cdot м^{2}}{а^{2} \cdot сек^{2}} = \frac{в\text{-}с}{а} = ом \cdot сек$	$гн$	H	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$	10^{9}

3-2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Закон ОМА, мощность, работа

Основной закон цепи постоянного тока встречается в трех формах:

$$I = \frac{U}{R};\ U = R \cdot I;\ R = \frac{U}{I},$$

где I — ток в ветви, *а*; U — напряжение на концах ветви, *в*; R — сопротивление ветви, *ом*.

Мощность постоянного тока [P] в ваттах равна произведению из тока I в амперах на напряжение U в вольтах

$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R$$

Закон Ома и мощность для цепей постоянного тока

U — вольт (*в*)		I — ампер (*а*)	
$\text{в} = \text{а}\cdot\text{ом} = \text{ма}\cdot\text{ком}$; $\text{мв} = \text{мка}\cdot\text{ком} = \text{ма}\cdot\text{ом}$	$U = IR$	$I = \frac{U}{R}$	$\text{а} = \frac{\text{в}}{\text{ом}}$; $\text{ма} = \frac{\text{в}}{\text{ком}} = \frac{\text{мв}}{\text{ом}}$; $\text{мка} = \frac{\text{в}}{\text{мгом}}$
$\text{в} = \frac{\text{вт}}{\text{а}} = \frac{\text{мвт}}{\text{ма}}$; $\text{мв} = \frac{\text{мквт}}{\text{ма}}$	$U = \frac{P}{I}$	$I = \frac{P}{U}$	$\text{а} = \frac{\text{вт}}{\text{в}}$, $\text{ма} = \frac{\text{мвт}}{\text{в}} = \frac{\text{мквт}}{\text{мв}}$
$\text{в} = \sqrt{\text{вт}\cdot\text{ом}}$; $\text{мв} = 10^{-3}\sqrt{\text{вт}\cdot\text{ом}}$	$U = \sqrt{PR}$	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$\text{а} = \sqrt{\frac{\text{вт}}{\text{ом}}}$; $\text{ма} = 10^{-3}\sqrt{\frac{\text{вт}}{\text{ом}}}$
1 *в* = 1 000 *мв* = 10^6 *мкв*; 1 *мв* = 0,001 *в*	U	I	1 *а* = 1 000 *ма* = 10^6 *мка*; 1 *ма* = 10^{-3} *а* = 0,001 *а*
1 000 *ом* = 1 *ком*; 10^6 *ом* = 1 *мгом*; 1 000 *ком* = 1 *мгом*	R	P	1 000 *вт* = 1 *квт*; 1 *вт* = 10^{-3} *квт*
$\text{ом} = \text{в}/\text{а}$; $\text{ком} = \frac{\text{в}}{\text{ма}}$; $\text{мгом} = \frac{\text{в}}{\text{мка}}$	$R = \frac{U}{I}$	$P = UI$	$\text{вт} = \text{ва}$; $\text{мвт} = \text{в}\cdot\text{ма}$
$\text{ом} = \frac{\text{в}^2}{\text{вт}}$; $\text{ком} = \frac{\text{в}^2}{1\,000\cdot\text{вт}}$; $\text{мгом} = \frac{\text{в}^2}{10^6\cdot\text{вт}}$	$R = \frac{U^2}{P}$	$P = \frac{U^2}{R}$	$\text{вт} = \frac{\text{в}^2}{\text{ом}}$; $\text{мквт} = \frac{\text{в}^2}{\text{мгом}} = \frac{\text{мв}^2}{10^3\cdot\text{ком}}$
$\text{ом} = \frac{\text{вт}}{\text{а}^2}$; $\text{ком} = \frac{1\,000\cdot\text{вт}}{\text{ма}^2}$; $\text{мгом} = \frac{\text{вт}}{\text{ма}^2}$	$R = \frac{P}{I^2}$	$P = I^2R$	$\text{вт} = \text{а}^2\cdot\text{ом}$, $\text{вт} = \frac{\text{ма}^2\cdot\text{ком}}{1\,000} = \text{ма}^2\cdot\text{мгом}$
R — ом (*ом*)		P — ватт (*вт*)	

Работа электрического тока [A] в ватт-секундах равна произведению мощности тока P в ваттах на время t в секундах

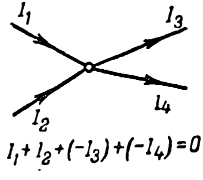
$$A = P \cdot t = U \cdot I \cdot t.$$

Законы Кирхгофа

Первый закон. Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю

$$\Sigma I = 0.$$

При составлении уравнений притекающие токи надо писать со знаком +, а утекающие со знаком — (или наоборот).



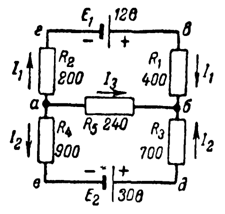
К первому закону Кирхгофа.

Второй закон. Сумма э. д. с. источников, действующих в каком-либо контуре, равна сумме напряжений на всех сопротивлениях этого контура

$$\Sigma E = \Sigma IR.$$

При заданных положительных направлениях э. д. с. и выбранных положительных направлениях токов э. д. с. берется со знаком +, если направление обхода по контуру совпадает с направлением э. д. с. и со знаком —, если не совпадает. Падение напряжения на сопротивлении берется со знаком +, если направление обхода совпадает с направлением тока, и со знаком —, если не совпадает.

Применение законов Кирхгофа. Если в электрической цепи известны все э. д. с. и сопротивления, то можно рассчитать токи во всех ветвях, основываясь на законах Кирхгофа. По первому закону составляем столько уравнений, сколько в цепи имеется узлов без одного; по второму закону составляем такое число независимых уравнений, чтобы общее число уравнений равнялось числу всех неизвестных токов, т. е. числу ветвей. Решая систему уравнений, определяем неизвестные токи.



Ко второму закону Кирхгофа.

Пример. По первому закону Кирхгофа для точки *б*

$$I_3 + I_1 + I_2 = 0.$$

По второму закону Кирхгофа (выбирая направление обхода по движению стрелки часов) для контура *в б а г*

$$E_1 = I_1 R_1 - I_3 R_5 + I_1 R_2,$$

а для контура *а б д е*

$$-E_2 = -I_2 R_4 + I_3 R_5 - I_2 R_3.$$

Решая совместно эти три уравнения, находим, например, для данных, приведенных на схеме, следующие значения токов:

$I_1 = 0{,}055$ *а* ≈ 55 *ма*; $I_2 = 0{,}033$ *а* ≈ 33 *ма*; $I_3 = 0{,}088$ *а* ≈ 88 *ма*.

Токи в параллельных ветвях обратно пропорциональны сопротивлениям этих ветвей:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}; \quad I = I_1 + I_2 \quad \text{и} \quad U = I_1R_1 = I_2R_2;$$

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \text{ а } I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I.$$

Токи в разветвленной цепи.

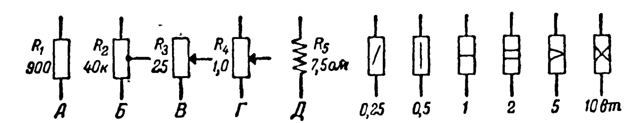
Закон теплового действия тока

В проводнике сопротивлением R ом, по которому проходит ток I (ампер), за время t (секунд) выделится Q (калорий) тепла:

$$Q = 0{,}24 I^2 Rt.$$

3-3. СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Обозначения на схемах



А — общее обозначение постоянного сопротивления; *Б* — сопротивление с отводом; *В* — регулируемое сопротивление (реостат); *Г* — потенциометр; *Д* — проволочное сопротивление.

Величины сопротивлений от 1 до 999 *ом* обозначаются целыми числами, соответствующими величине сопротивления в омах (фиг. *А* и *В*). Величины сопротивлений от 1 до 99 *ком* обозначаются цифрами, указывающими число килоом, с буквой *к* (фиг. *Б*). Все сопротивления большей величины выражаются в мегомах, причем если величина сопротивления равна целому числу мегом, то после значения величины ставятся запятая и нуль (фиг. *Г*). В редких случаях практики, когда важно отметить, что величина сопротивления составляет доли ома, или выражается числом с десятыми, сотыми и т. д. долями ома, после численного значения ставится наименование *ом* (фиг. *Д*).

Номинальные значения мощности сопротивлений от 0,25 до 10 *вт* на схемах обозначаются, как показано выше (правая часть фигуры).

Расчет сопротивления провода

Сопротивление (при $t = 20°$ С)	$R, ом = \rho \frac{l\,(м)}{S(мм^2)} = \frac{l\,(м)}{\gamma \cdot S(мм)^2}$	$S, мм^2$; $l, м$; ρ; R
Проводимость ($G = 1/R$)	$G = \frac{S(мм^2)}{\rho \cdot l(м)} = \gamma \frac{S(мм^2)}{l\,(м)}$	

Удельное сопротивление при t° C	$\rho_t = \rho(1 + \alpha \cdot \Delta t)$	$\Delta t = (t - 20)$
Сопротивление при температуре t°C	$R_t = R(1 + \alpha \cdot \Delta t)$	
Изменение температуры: R_{t_1} — сопротивление при температуре t_1; R_{t_2} — сопротивление при температуре t_2	$\Delta t = \frac{R_{t_2} - R_{t_1}}{\alpha \cdot R_{t_1}}$	$\Delta t = 253 \frac{R_{t_2} - R_{t_1}}{R_{t_1}}$ (для меди)
Потребная длина провода (для получения заданного R)	$l(м) = \frac{S(мм^2)\, R(ом)}{\rho} = \gamma \cdot S(мм^2)\, R(ом)$	$l\,(м) = 57\, S(мм^2)\, R(ом)$ (для меди)

ρ — удельное сопротивление проводника $\left(\frac{ом \cdot мм^2}{м}\right)$ при $t = 20°$ C

γ — удельная проводимость проводника $\left(\frac{м}{ом \cdot мм^2}\right)$ при $t = 20°$ C

α — температурный коэффициент материала проводника

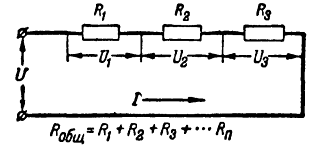
Последовательное соединение сопротивлений

Общее сопротивление цепи [$R_{общ}$] равно сумме всех частных последовательно включенных в эту цепь сопротивлений.

Ток $$I = \frac{U}{R_{общ}}.$$

Падение напряжения на сопротивлениях

$$U_1 = I \cdot R_1;\quad U_2 = I \cdot R_2;\quad U_3 = I \cdot R_3;$$
$$U_n = I \cdot R_n;$$
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n.$$



Последовательное соединение сопротивлений.

Параллельное соединение сопротивлений

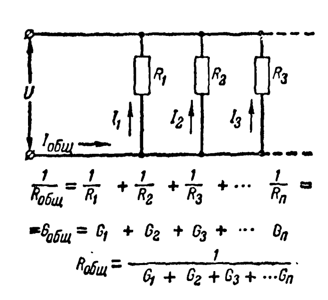
Общая проводимость цепи [$G_{общ}$] равна сумме параллельно включенных в эту цепь проводимостей.

Общее сопротивление цепи ($R_{общ}$) равно обратной величине суммы параллельно включенных в эту цепь проводимостей:

$$R_{общ} = \frac{1}{G_{общ}}.$$

Ток $I_{общ}$ равен сумме токов отдельных участков цепи:

$$I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$$



Параллельное соединение сопротивлений.

Падения напряжения на всех сопротивлениях одинаковы:

$$U = I_{общ} \cdot R_{общ} = U_1 = U_2 = U_3 = \ldots$$

Токи в сопротивлениях равны:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}; \ldots$$

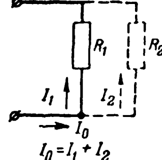
Токи обратно пропорциональны сопротивлениям:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

и т. д.

Через участок с наименьшим сопротивлением протекает наибольший ток.

При подключении к данному сопротивлению R_1 параллельного сопротивления R_2 или при отключении его изменение тока в общей цепи можно определить по абсолютному значению или в процентах следующим образом:



Параллельное подключение сопротивления.

П р и п а р а л л е л ь н о м п о д к л ю ч е н и и R_2 (например, вольтметра или какой-либо нагрузки) новое значение тока

$$I_0 = I_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right),$$

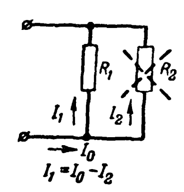
а прирост тока в процентах равен $100 \frac{R_1}{R_2}$.

Пример. *Дано*: $R_1 = 200$ *ком*; $I_1 = 1$ *ма*. При подключенном параллельно $R_2 = 400$ *ком*

$$I_0 = 1 \left(1 + \frac{200}{400}\right) = 1,5 \text{ ма},$$

а прирост тока в процентах равен:

$$100 \frac{200}{400} = 50\%.$$



Отключение параллельного сопротивления.

П р и о т к л ю ч е н и и п а р а л л е л ь н о г о с о п р о т и в л е н и я R_2 (например, при обрыве) новое значение тока

$$I_1 = \frac{I_0 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)},$$

а уменьшение тока в процентах равно $100 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$.

Пример. Дано: $R_1 = 200$ *ком*; $R_2 = 400$ *ком*; $I_0 = 1,5$ *ма*. При отключении R_2 ток $I_1 = \frac{1,5 \cdot 400}{600} = 1$ *ма*; уменьшение тока в процентах равно $100 \frac{200}{200+400} \approx 33\%$.

Если требуется подсчитать, какое сопротивление R_2 нужно подключить параллельно к R_1, чтобы получить общее сопротивление R, то можно воспользоваться формулой

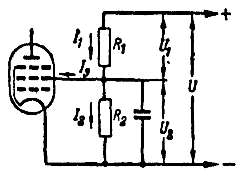
$$R_2 = R\frac{R_1}{R_1 - R}.$$

Делители напряжения

Схема	Параметр	Формула
	Ненагруженный делитель	
	Напряжение на выходе	$U_2 = U\frac{R_2}{R_1 + R_2}$
	Добавочное сопротивление	$R_1 = \frac{U - U_2}{I}$
	Нагруженный делитель	
	Напряжение на выходе	$U_2 = U\frac{R}{R_1 + R}$
	Добавочное сопротивление	$R_1 = \frac{U - U_2}{I_2 + I_3}$

Расчет делителя напряжения для питания экранной сетки лампы

При помощи делителя напряжения можно обеспечить относительно постоянное напряжение на экранной сетке лампы, почти не зависящее от изменения напряжения на управляющей сетке. Для этого ток I_2 должен быть по крайней мере в 3 раза больше тока экранной сетки $I_э$ при отсутствии переменного напряжения на управляющей сетке, тогда



К расчету делителя напряжения

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{3I_э}; \quad P_{R_2} = I_2^2 R_2 = 3I_э^2 R_2;$$

$$R_1 = \frac{U - U_2}{I_2 + I_э} = \frac{U_1}{4I_э};$$

$$P_{R_1} = (I_2 + I_э)^2 R_1 = (4I_э)^2 R_1.$$

Пример. *Дано*: $U_2 = 160$ *в*: $I_э = 0{,}5$ *ма*; $U = 250$ *в*.

Определяем:

$$R_2 = \frac{160}{3 \cdot 05 \cdot 10^{-3}} \approx 105\,000 \text{ ом} = 105 \text{ ком}; \quad P_{R_2} = (3 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 105 \cdot 10^3 \approx 0{,}24 \text{ вт};$$

$$R_1 = \frac{250 - 160}{4 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}} = 45\,000 \text{ ом} = 45 \text{ ком}; \quad P_{R_1} = (4 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 45 \cdot 10^3 \approx 0{,}18 \text{ вт}.$$

Расчет катодного сопротивления

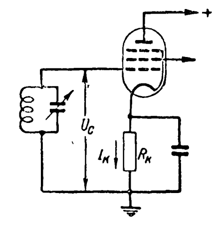
Отрицательное смещение U_c на управляющую сетку для заданной рабочей точки может быть получено за счет падения напряжения на катодном сопротивлении $R_к$. Величину сопротивления $R_к$ можно подсчитать по формуле

$$R_к = \frac{1\,000\,U_c}{I_к},$$

где U_c — смещение на сетку, *в*;

$R_к$ — сопротивление, *ом*;

$I_к$ — общий ток лампы (анодный ток, ток экранной сетки и т. д.), *ма*.



К расчету катодного сопротивления.

Пример. *Дано*: лампа 6К3; $U_c = -3$ *в*; $I_a = 9{,}25$ *ма*; $I_э = 0{,}6$ *ма*.

Определяем:

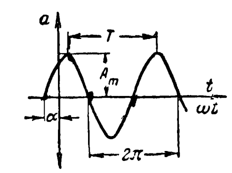
$$I_к = I_a + I_э = 9{,}25 + 0{,}6 = 9{,}85 \text{ ма}; \qquad R_к = \frac{1\,000 \cdot 3}{9{,}85} \approx 300 \text{ ом}.$$

3-4. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Мгновенное, действующее и среднее значения переменных синусоидальных величин

Мгновенное значение

$$a = A_m \sin(\omega t + \alpha).$$



Если синусоида проходит через начало координат, то $\alpha = 0$ и $a = A_m \sin \omega t$.

Действующее значение

$$A = \frac{A_m}{\sqrt{2}}.$$

Среднее (за половину периода) значение

$$A_{cp} = \frac{2}{\pi} A_m.$$

Во всех формулах: A_m — амплитуда; α — начальная фаза; $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, где f — частота; T — период.

Под синусоидальной величиной a можно понимать ток i, напряжение u, э. д. с. e и т. д.

Значение	Ток	Напряжение
Амплитудное	$I_m = I\sqrt{2} \approx 1{,}4\,I$	$U_m = U\sqrt{2} \approx 1{,}4\,U$
Действующее	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7\,I_m$	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7\,U_m$
Мгновенное (в момент t)	$i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$	$u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$

3-5. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Активное сопротивление [r]

Если $$u = U_m \sin(\omega t + \alpha),$$

то $$i = \frac{u}{r}$$

и $$i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$$

(ток совпадает по фазе с напряжением),

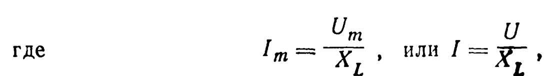
где $$I_m = \frac{U_m}{r}, \text{ или } I = \frac{U}{r}.$$

Индуктивность [L]

Если $$u = U_m \sin(\omega t + \alpha),$$

то $$i = I_m \sin\left(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}\right)$$

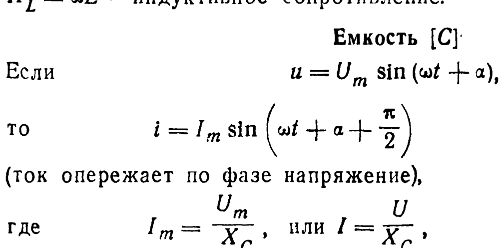
(ток отстает по фазе от напряжения),



где $$I_m = \frac{U_m}{X_L}, \text{ или } I = \frac{U}{X_L},$$

$X_L = \omega L$ — индуктивное сопротивление.

Емкость [C]

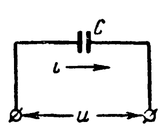


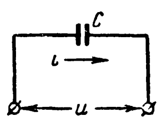
Если $$u = U_m \sin(\omega t + \alpha),$$

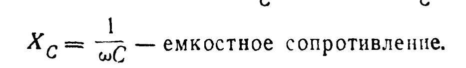
то $$i = I_m \sin\left(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right)$$

(ток опережает по фазе напряжение),

где $$I_m = \frac{U_m}{X_C}, \text{ или } I = \frac{U}{X_C},$$







$X_C = \frac{1}{\omega C}$ — емкостное сопротивление.

Последовательное соединение элементов цепи

Если $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,

то $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$,

где $I_m = \frac{U_m}{Z}$, или $I = \frac{U}{Z}$,

Z — полное электрическое сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

или

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{r^2 + X^2},$$

где $X = X_L - X_C$ — реактивное сопротивление цепи.
φ — угол сдвига фаз между током и напряжением:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{r},$$

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z}.$$

Если участок цепи содержит ряд последовательно соединенных сопротивлений, индуктивностей и емкостей, то

$$r_{общ} = \Sigma r; \quad L_{общ} = \Sigma L; \quad \frac{1}{C_{общ}} = \Sigma \frac{1}{C}.$$

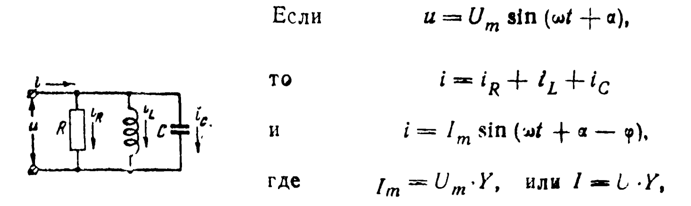
Проводимость $[Y]$ цепи на переменном токе

$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{g^2 + b^2},$$

где g — активная проводимость;
b — реактивная проводимость.

Параллельное соединение элементов цепи

Если $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,



то $i = i_R + i_L + i_C$

и $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$,

где $I_m = U_m \cdot Y$, или $I = U \cdot Y$,

Y — полная электрическая проводимость цепи:

$$Y = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2},$$

или

$$Y = \sqrt{g^2 + (b_C - b_L)^2} = \sqrt{g^2 + b^2},$$

где $g = \frac{1}{r}$; $b_C = \omega C$ — емкостная проводимость;

$b_L = \frac{1}{\omega L}$ — индуктивная проводимость и $b = b_C - b_L$.

Для случая параллельного соединения элементов цепи

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{g}.$$

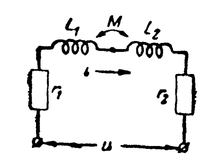
Если участок цепи содержит ряд параллельно соединенных сопротивлений, индуктивностей и емкостей, то

$$\frac{1}{R_{общ}} = \Sigma \frac{1}{R}; \quad \frac{1}{L_{общ}} = \Sigma \frac{1}{L}; \quad C_{общ} = \Sigma C.$$

Сопротивление цепи

$$Z = \frac{1}{Y}.$$

Последовательное включение двух катушек при наличии между ними взаимной индуктивности [M]



Если $\quad u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,

то $\quad i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$,

где $\quad I_m = \frac{U_m}{Z}$, или $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z}$.

Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{r^2 + X^2},$$

где $r = r_1 + r_2$ и $X = \omega L_1 + \omega L_2 \pm 2\omega M$.

Общая индуктивность двух последовательно включенных катушек

$$L_{общ} = L_1 + L_2 \pm 2M.$$

L_1 L_2 Н К Н К

Согласное включение

L_1 L_2 Н К К Н

Встречное включение

Знак + ставится при согласном соединении катушек, знак — при встречном. Если

катушки намотаны в одну сторону, то согласное включение получается, когда конец первой катушки соединен с началом второй. Начало катушки на схеме обозначается буквой *н*, а конец буквой *к*.

Коэффициент связи $[k]$ двух катушек определяется по формуле

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

и не может быть больше единицы.

3-6. МОЩНОСТЬ

Мгновенная мощность определяется как произведение соответствующих мгновенных значений напряжения $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ и тока $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$, т. е. $p = u \cdot i = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t + 2\alpha - \varphi)$.

Выражение $UI \cos \varphi = P$ определяет среднее значение мощности за период или активную мощность.

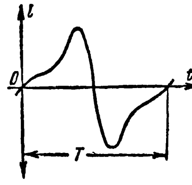
Закон Ленца-Джоуля. В активных сопротивлениях электрической цепи мгновенная мощность

$$p = i^2 r.$$

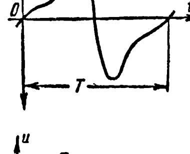
Среднее значение мощности или активная мощность

$$P = I^2 r = \frac{I_m^2 r}{2}.$$

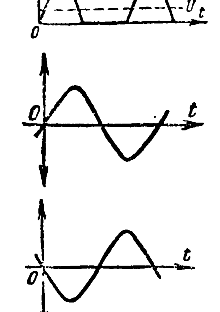
3-7. ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИВЫХ ПЕРЕМЕННОГО И ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКОВ



Если кривая периодически изменяющегося тока (или напряжения) отличается от синусоидальной, то такую кривую можно представить (разложить) в виде суммы бесконечного числа чистых синусоидальных токов (гармоник), частоты которых в целое число раз больше основной частоты.



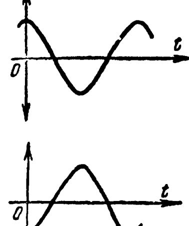
Если исследуемая кривая несимметрична относительно оси времени, то имеет место и постоянная составляющая тока (или напряжения).



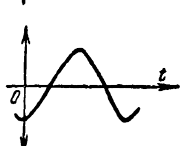
Чтобы учесть фазы отдельных составляющих кривых, введены следующие обозначения функций:

Кривая, обозначенная (+sin), проходит через нуль (в начале периода) над осевой линией.

Кривая, обозначенная (—sin), также проходит через нуль, но под осевой линией.

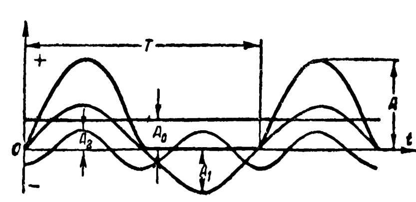


Кривая, обозначенная (+cos), имеет при нуле (начале периода) максимальное положительное значение.



Кривая, обозначенная (—cos), имеет в начальный момент максимальное отрицательное значение.

На практике обычно ограничиваются исследованием до третьей или четвертой гармоники.



Пульсирующий ток или напряжение, например, после однополупериодного выпрямителя или усилителя класса B:

$$A_0 = 0{,}32A;$$

$$A_1 = 0{,}5A \ldots (+\sin);$$

$$A_2 = 0{,}21A \ldots (-\cos);$$

$$A_n = \frac{0{,}63}{(n+1)(n-1)} A,$$

где A — максимальное значение тока или напряжения;

A_0 — постоянная составляющая;

A_1 — амплитуда первой гармоники;

A_2 — амплитуда второй гармоники;

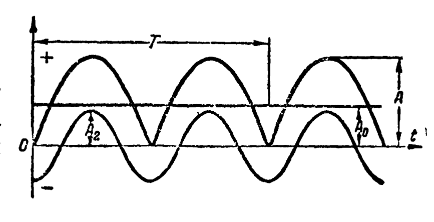
A_n — амплитуда n-ной гармоники.

Пульсирующий ток или напряжение, например, после двухполупериодного выпрямителя:

$$A_0 = 0{,}46A;$$

$$A_2 = 0{,}42A \ldots (-\cos);$$

$$A_n = \frac{1{,}26}{(n+1)(n-1)} A \ldots (-\cos).$$



Амплитуды всех нечетных гармоник (A_1, A_3 и т. д.) равны нулю.

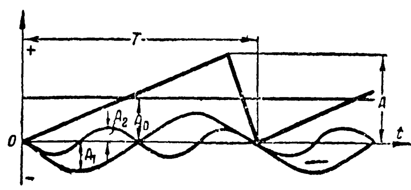
Пилообразный ток

$$A_0 = 0{,}5A;$$

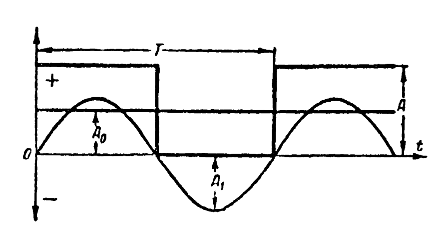
$$A_1 = 0{,}32A \ldots (-\sin).$$

$$A_2 = 0{,}16A \ldots (-\sin).$$

$$A_n = \frac{0{,}32}{n} A \ldots (-\sin).$$



Амплитуды всех нечетных гармоник, кроме основной (A_1), равны нулю.



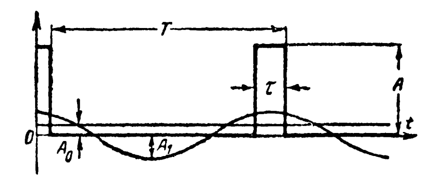
Прямоугольный импульс с равной длительностью максимального и нулевого значения:

$$A_0 = 0{,}5A;$$

$$A_1 = 0{,}64A \ldots (+\sin);$$

$$A_n = \frac{A_1}{n} \ldots (+\sin).$$

Амплитуды всех четных гармоник равны нулю.



Прямоугольный импульс с относительной длительностью (скважностью) $b=\tau/T$:

$$A_0 = b \cdot A;$$

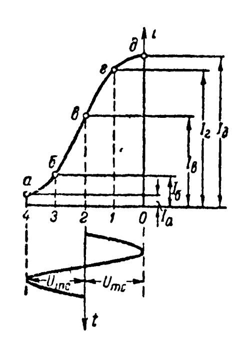
$$A_1 = 0{,}64A \cdot \sin(b \cdot 180°) \ldots (+\cos);$$

$$A_2 = 0{,}32A \cdot \sin(b \cdot 360°) \ldots (+\cos);$$

$$A_n = \frac{0{,}64}{n} A \cdot \sin(b \cdot n180°) \ldots (+\cos).$$

Приближенный анализ искажений позволяет определить значения постоянной составляющей и некоторого числа гармоник.

Пусть, например, при синусоидальном напряжении на сетке лампы ток в анодной цепи не синусоидален из-за нелинейности характеристики. Разделив на равные отрезки (точки *0*, *1*, *2*, *3*, *4*) участок оси напряжений (на сетке), равный $2\,U_{mc}$, отметим на характеристике точки *а*, *б*, *в*, *г*, *д*. Для этих точек определим значения токов $I_а$, $I_б$, $I_в$, $I_г$, $I_д$. Тогда среднее значение постоянной составляющей I_0 и амплитуды первой, второй и третьей гармоник I_1, I_2 и I_3 можно подсчитать по формулам:



К анализу кривой анодной характеристики.

$$I_0 = \frac{I_а + I_б + I_г + I_д + 4I_в}{8};$$

$$I_1 = \frac{(I_г + I_д) - (I_а + I_б)}{3} \quad (+\sin);$$

$$I_2 = \frac{I_в}{2} - \frac{I_а + I_д}{4} \quad (+\cos);$$

$$I_3 = \frac{I_г - I_б}{3} - \frac{I_д - I_а}{6} \quad (+\sin).$$

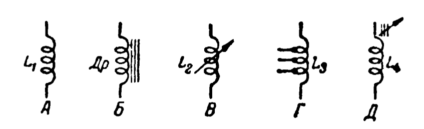
Пользуясь полученными значениями I_1, I_2 и I_3, можно приблизительно определить коэффициент нелинейных искажений γ в процентах по формуле

$$\gamma = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2}}{I_1}\,100.$$

3-8. ИНДУКТИВНОСТЬ И КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

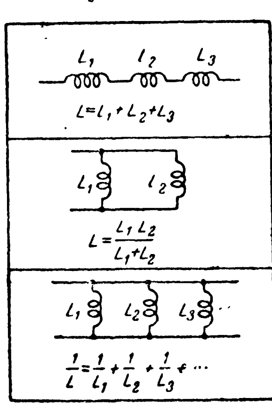
Обозначения на схемах

А — общее обозначение индуктивности или катушки индуктивности без сердечника; *Б* — катушка (дроссель) со стальным сердечником; *В* — общее обозначение переменной индуктивности; *Г* — катушка с отводами; *Д* — катушка с подвижным сердечником из ферромагнетика.

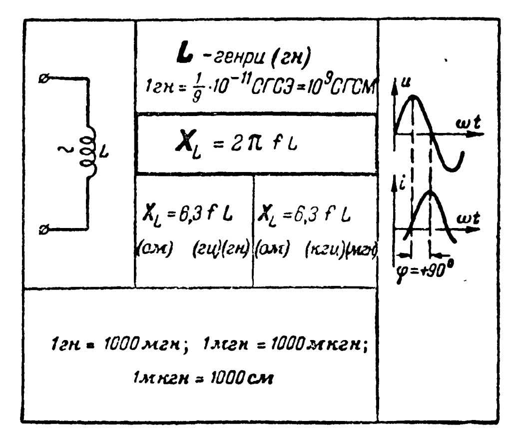


Величины индуктивности (генри, миллигенри или микрогенри) даются обычно в тексте или в подфигурной подписи.

Последовательное и параллельное соединение индуктивностей



Реактивное сопротивление индуктивности
(индуктивное сопротивление)



Расчет индуктивности катушек

Однослойные цилиндрические катушки (без сердечников). Расчет однослойных катушек, намотанных сплошным медным круглым проводом вплотную (виток к витку) или с принудительным шагом, с достаточной для практики точностью можно выполнить, пользуясь следующими формулами:

$$L = k \cdot w^2 D.$$

Для случая, когда $l \leqslant D$,
$$L = \frac{w^2 D^2}{50(D + 2l)}.$$

Для случая, когда $l \gg D$,
$$L = \frac{w^2 D^2}{100 l}.$$

При намотке с принудительным шагом

$$L' = L + D \cdot w \cdot k.$$

Во всех формулах индуктивность L — в *мкгн*, если диаметр катушки D, длина намотки l и шаг намотки a — в *см*, w — число витков.

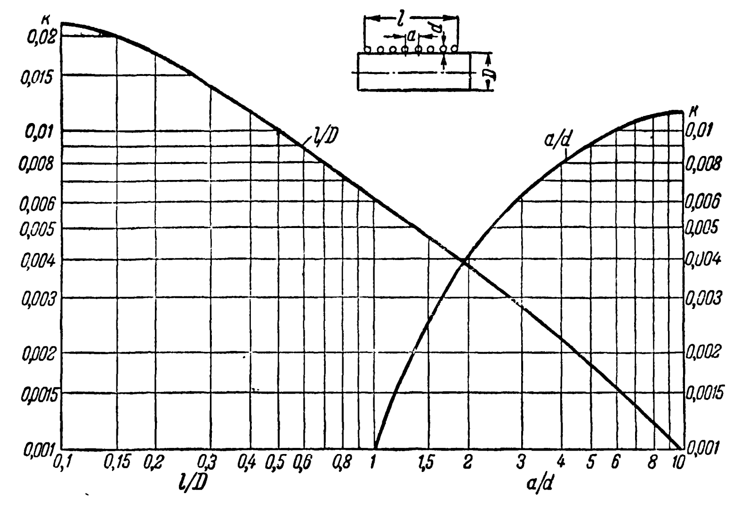


График для определения коэффициента k.

Величина k определяется по графику для отношения l/D или a/d, где d — диаметр провода.

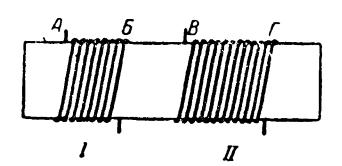
Многослойные цилиндрические катушки с обмоткой типа „универсаль" (или с намоткой внавал).

В общем виде	$L \approx \dfrac{w^2 D_c^2}{50\,(D_c + 2l + 1{,}3b \cdot l/D_c)}$
Для случая $l = b;\ D_c > l$	$L \approx \dfrac{w^2 D_c^2}{36\,(D_c + 3\,l + 3{,}3\,b)}$
Для случая $D_c \gg l$	$L \approx \dfrac{w^2 D_c^2}{40\,(D_c + 2{,}8\,b)}$

L — *в мкгн*, если D, b и l — в *см*; w — число витков

Расчет взаимоиндуктивности

Расчет ведется в предположении, что обе обмотки имеют одинаковые шаг намотки и диаметры проводов. Далее полагаем, что пространство между обмотками I и II тоже заполнено витками, т. е. что между $А$ и $Г$ существует непрерывная обмотка с отводами в точках $Б$ и $В$. Тогда взаимоиндуктивность M между обмотками I и II будет:



К расчету взаимоиндуктивности.

$$M = 0{,}5\,(L_{АГ} + L_{БВ} - L_{АВ} - L_{БГ}).$$

Конструкция высокочастотных катушек

Высокочастотные катушки могут быть намотаны сплошным или многожильным (литцендрат) проводом на полом каркасе. По виду намотки они делятся на однослойные рядовые, однослойные с принудительным шагом, многослойные внавал и многослойные типа „универсаль".

Число витков однослойной катушки можно приблизительно определить следующим образом:

$$w \approx 12\sqrt{\frac{L}{D}} \text{ (для } l = D);$$

$$w \approx 4{,}5\sqrt{\frac{L}{D}} \text{ (для } l = 2D),$$

где L — индуктивность, *мкгн*; D — диаметр катушки, *см*.

После нахождения числа витков надо произвести проверочный расчет величины индуктивности (см. стр. 41).

Пример. Пусть требуется рассчитать катушку индуктивностью в 20 *мкгн* на каркасе диаметром $D=2$ *см*. Примем, например, что $l=D$, тогда

$$w \approx 12\sqrt{\frac{20}{2}} \approx 39 \text{ витков.}$$

Проверим по приближенной формуле индуктивность катушки:

$$L = \frac{w^2 D^2}{50\,(D + 2l)} = \frac{39^2 \cdot 2^2}{50\,(2 + 2 \cdot 2)} = \frac{6\,080}{300} = 20{,}2 \text{ мкгн.}$$

Приближенный подсчет числа витков многослойной катушки при условии $l \approx b$ и $D_c = 3l$ (см. стр. 42) можно произвести по формуле

$$w = 6\sqrt{\frac{L}{l}}.$$

Катушки индуктивности для длинноволнового диапазона обычно выполняются многослойными проводом марок ПЭШО или ПЭШД 0,1—0,25 *мм*. Среднее значение добротности таких катушек 40—60. Применение литцендрата повышает добротность, но так как литцендрат имеет относительно бо́льший диаметр (0,25—0,35 *мм*), то для получения наивыгоднейшей добротности обмотки выполняют в виде секций квадратного сечения ($l = b$). Добротность контурных катушек, намотанных из литцендрата $10 \times 0{,}05$, имеет величину 80—100. В качестве каркасов используются гетинаксовые трубки. Подгонку индуктивности производят либо перемещением одной секции (намотанной на разрезном кольце) относительно других, либо отматывая несколько витков (если заведомо известно, что намотано больше, чем требуется), либо перемещением сердечника из магнитодиэлектрика.

Катушки индуктивности для средневолнового диапазона выполняются и однослойными и многослойными. Конструкция и материалы для многослойных обмоток такие же, как и для длинноволнового диапазона. Однослойная намотка производится обычно на каркасе диаметром 20—30 *мм* проводом 0,1—0,4 *мм*. Катушки для контура гетеродина иногда изготавливаются рядовой намоткой проводом ПЭЛ диаметром 0,16—0,25 *мм* на каркасе 20—25 *мм*.

Катушки индуктивности для трансформаторов промежуточной частоты (для $f = 465$ *кгц*) выполняются так же, как длинноволновые и средневолновые. Настройка этих катушек обычно производится при помощи цилиндрического сердечника из магнитодиэлектрика. В этом случае намотка типа «универсаль» выполняется в виде секций на каркасе 10—15 *мм*. Добротность таких катушек 50—80.

Катушки индуктивности для коротковолнового диапазона выполняются однослойными на каркасах (диаметром 15—20 *мм*) из радиофарфора, полистирола или гетинакса, проводом ПЭЛ диаметром 0,6—1,5 *мм* с принудительным шагом. Добротность таких катушек порядка 120—200.

Катушки с сердечником из магнитодиэлектрика, по сравнению с катушками без сердечников обладают меньшими размерами при одинаковой индуктивности, бо́льшими значениями добротности на одинаковых частотах и простотой регулировки (подгонки) индуктивности.

Формы сердечников. Простейшим типом является цилиндрический (стержневой) сердечник. В радиоприемниках применяются также и горшкообразные (броневые) сердечники (см. стр 88).

Расчет катушки индуктивности с сердечником из магнитодиэлектрика

Индуктивность катушки с магнитодиэлектриком зависит от величины магнитной проницаемости сердечника, от его формы и размеров.

В условиях радиолюбительской практики расчет катушки с сердечником является весьма приближенным, так как точные данные о проницаемости материала сердечника радиолюбителю часто неизвестны. Ориентировочный расчет для наиболее простого типа сердечника цилиндрической формы можно выполнить следующим образом.

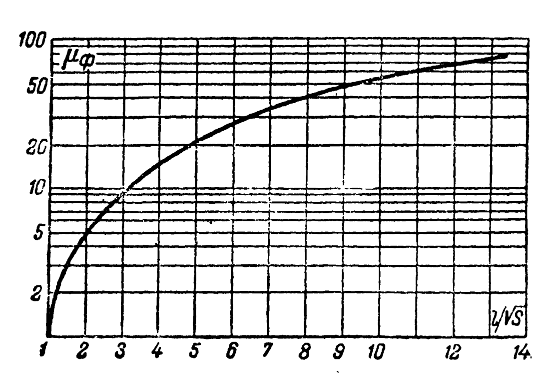


График для определения $\mu_ф$.

Влияние сердечника на индуктивность катушки характеризуется действующей магнитной проницаемостью

$$\mu_д = \frac{\mu_ф \mu_0}{\mu_ф + \mu_0 + 1} = \frac{\mu_0}{1 + \frac{\mu_0}{\mu_ф} + \frac{1}{\mu_ф}},$$

где $\mu_ф$ — магнитная проницаемость, зависящая от формы сердечника и определяемая из графика по отношению длины сердечника l к корню квадратному из его сечения S.

Для длинноволновых катушек чаще всего применяют сердечники диаметром 8—10 и длиной 10—20 *мм*, т. е. с $\mu_ф = 2 \div 8$. Для сер-

дечников из карбонильного железа или альсифера (с относительно крупным зерном) μ_0 принимается равной $10 \div 25$. Таким образом, $\mu_д$ для таких сердечников можно принять от 1,5 до 7. Для коротковолновых катушек при $\mu_ф = 1,5 \div 2$ и $\mu_0 = 2 \div 3$, $\mu_д = 1,1 \div 2$.

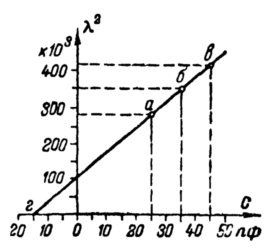
Индуктивность катушки с сердечником из магнитодиэлектриков можно тогда приблизительно определить по формуле

$$L = L_0 \mu_д,$$

где L_0 — индуктивность катушки без сердечника.

Определение собственной емкости катушки индуктивности

К исследуемой катушке подключают параллельно различные конденсаторы небольшой емкости (10—60 *пф*) и измеряют каждый раз частоты образованных контуров. Строят график, откладывая на горизонтальной оси значения емкости, а на вертикальной оси соответствующие значения квадратов длин волн. Прямая, проходящая через точки измерений (*а*, *б*, *в*), пересечет вертикальную ось и отсечет на горизонтальной оси отрезок 0*г*, который в выбранном масштабе соответствует собственной емкости катушки. В примере на графике эта емкость равна 15 *пф*.



Пример определения собственной емкости катушки.

Экранирование

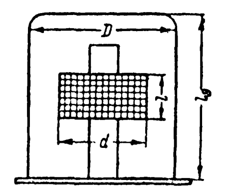
Электрические и магнитные поля могут быть ограничены в определенных пространствах при помощи экранов На высоких частотах материалами для экранов служат медь, латунь, алюминий, т. е. материалы с хорошей проводимостью Толщина материала экрана должна быть равна нескольким глубинам проникновения тока (см. стр 50). Экраны не должны располагаться слишком близко к катушкам для ослабления потерь на вихревые токи. Экраны для постоянных и низкочастотных магнитных полей изготавливаются из магнитных материалов с большой магнитной проницаемостью (сталь).

Экраны выполняются в форме пластины, разрезанного кольца, чулка, закрытого стакана или коробки.

Катушка в экране. Экран уменьшает индуктивность катушки Уменьшение индуктивности катушки в экране по сравнению с индуктивностью этой же катушки без экрана можно подсчитать по формуле

$$\frac{L_э}{L_0} = \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \frac{l}{l_э} \frac{1}{k}\right],$$

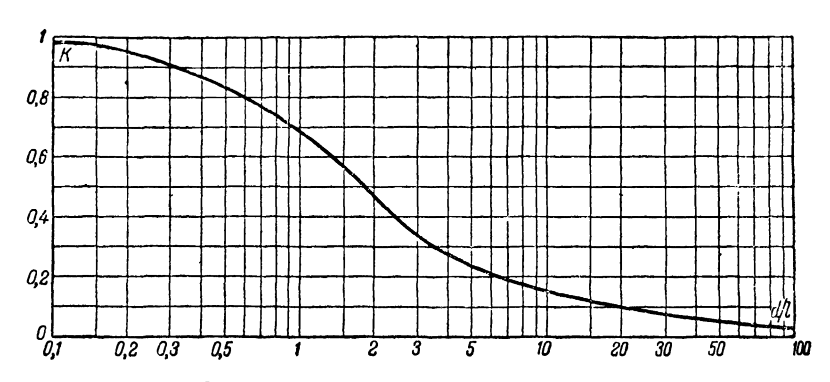
где $L_э$ — индуктивность катушки в экране;



К расчету индуктивности катушки в экране.

L_0 — индуктивность катушки без экрана;

k — коэффициент, зависящий от отношения $\frac{d}{l}$ (см. график).

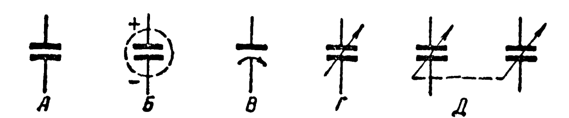


К расчету индуктивности катушки в экране.

Электростатический экран в трансформаторе. Электрическое экранирование можно осуществить, не действуя на магнитное поле. В трансформаторах для уменьшения электростатической связи между обмотками располагают экран, представляющий собой слой намотки из провода, один конец которого изолирован, а другой заземлен.

3-9. ЕМКОСТЬ И КОНДЕНСАТОРЫ

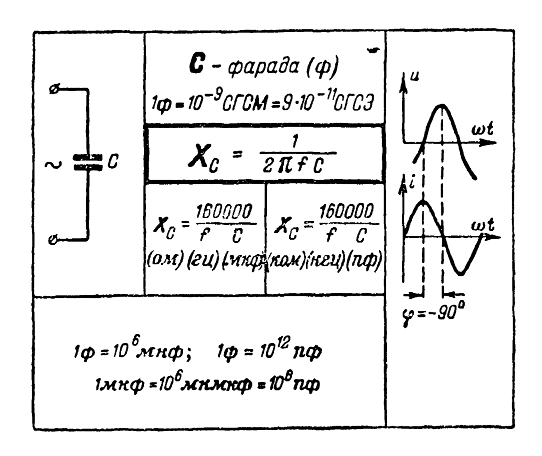
Обозначения на схемах



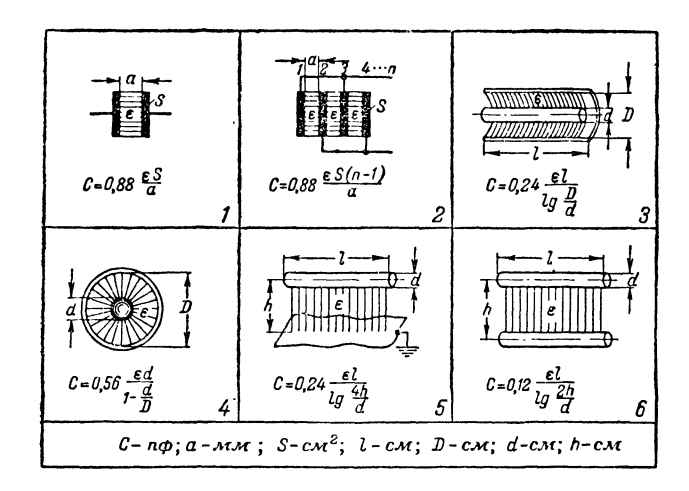
А—общее обозначение емкости или конденсатора постоянной емкости; *Б*—электролитический конденсатор; *В* — подстроечный (полупеременный) конденсатор; *Г* — конденсатор переменной емкости; *Д* — конденсаторный агрегат (сдвоенный блок).

Емкость конденсаторов от 1 до 9 999 *пф* обозначается цифрами, соответствующими их емкости без наименования (например, C_1 300). Емкость конденсаторов от 10 000 *пф* и выше выражается в микрофарадах, причем если емкость равна целому числу микрофарад, то после значащей цифры ставятся запятая и нуль (например, C_8 8,0). В редких случаях, когда нужно отметить, что емкость составляет доли пикофарады или выражается числом с десятичными долями пикофарады, после численного значения ставится *пф* (например, C_{13} 1,5 *пф*).

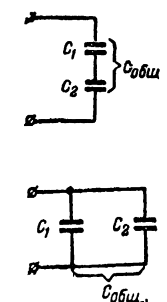
Реактивное сопротивление конденсатора (емкостное сопротивление)



Расчет конденсаторов разной формы



1 — две плоские параллельные пластины; 2 — две группы плоских параллельных пластин; 3 — два коаксиальных цилиндра (например, коаксиальный кабель); 4—две концентрические шаровые поверхности, 5 — цилиндр над поверхностью земли (например, одиночный провод над землей, $\varepsilon = 1$); 6 — два одинаковых длинных цилиндра (например, двухпроводная линия).



Последовательное соединение емкостей

Для двух конденсаторов $C_{общ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$.

Для любого числа конденсаторов

$$C_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_n}}.$$

Параллельное соединение емкостей

Для любого числа параллельно соединенных конденсаторов $C_{общ} = C_1 + C_2 + \dots C_n$.

3-10. СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Некоторые часто встречающиеся в практике значения индуктивного и емкостного реактивных сопротивлений X_L и X_C

Для значений	Реактивное сопротивление на частоте						
	гц			*кгц*			*мггц*
	50	100	1 000	10	110	465	1
L = 1 *гн*	315 *ом*	630 *ом*	6,3 *ком*	63 *ком*	690 *ком*	3 *мгом*	6,3 *мгом*
L = 1 *мгн*	0,32 *ом*	0,63 *ом*	6,3 *ом*	63 *ом*	690 *ом*	3 *ком*	6,3 *ком*
L = 100 *мкгн*	0,03 *ом*	0,06 *ом*	0,6 *ом*	6 *ом*	69 *ом*	300 *ом*	630 *ом*
C = 1 *мкф*	3,2 *ком*	1,6 *ком*	160 *ом*	16 *ом*	1,45 *ом*	0,34 *ом*	0,16 *ом*
C = 1 000 *пф*	3,2 *мгом*	1,6 *мгом*	160 *ком*	16 *ком*	1,45 *ком*	340 *ом*	160 *ом*
C = 100 *пф*	32 *мгом*	16 *мгом*	1,6 *мгом*	160 *ком*	14,5 *ком*	3,4 *ком*	1,6 *ком*

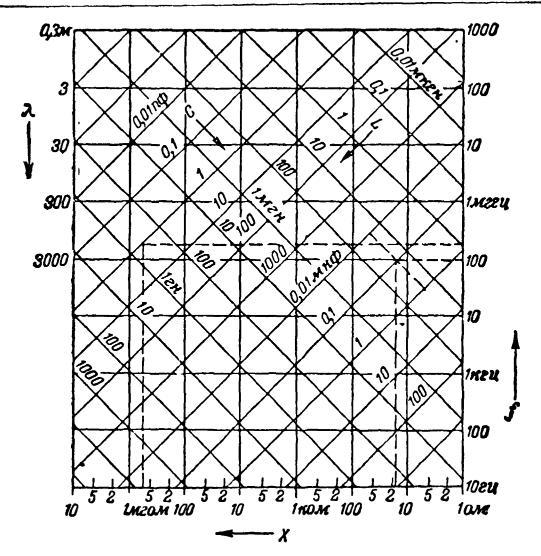
Подсчет реактивных сопротивлений X_L и X_C можно выполнить, пользуясь двумя номограммами (см. стр. 49).

Первая номограмма позволяет грубо определить порядок величин X_L и X_C. Установив порядок значения X_L или X_C по этой номограмме, можно при помощи второй номограммы (стр. 49) определить более точное значение.

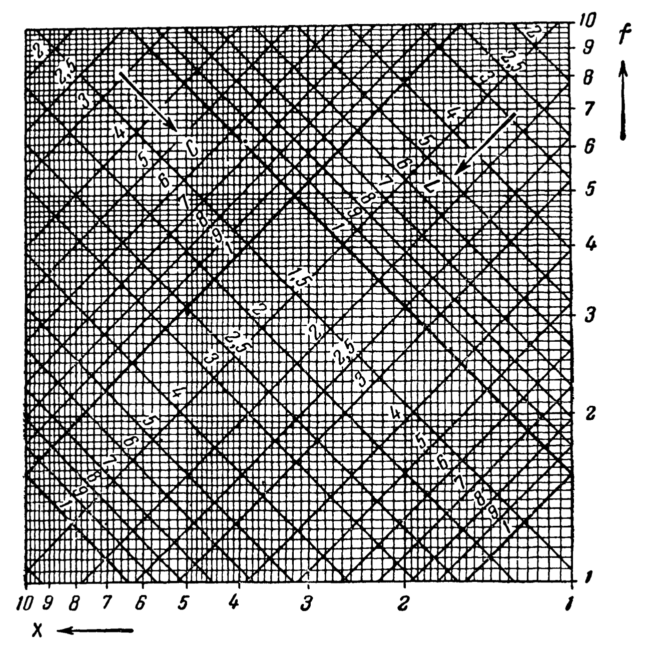
Пример 1. *Найти* X_C для емкости 1 *пф* на частоте f = 200 *кгц*. На первой номограмме проводим параллельную оси X линию на высоте f = 200 *кгц* до пересечения с наклонной прямой, соответствующей C = 1 *пф*. Из точки пересечения опускаем вниз на ось X перпендикуляр и отсчитываем по шкале $X \approx$ 600 — 700 *ком*. Зная порядок величины, можно теперь по второй номограмме найти, что для f = 200 000 (деление 2 по вертикальной оси, которое может означать и 2, и 20 и 200 *гц* и т. д.) X = 800 *ком* (деление 8 может означать и 8, и 80, и 800 и т. д., но так как порядок уже определен при помощи первой номограммы, то мы должны считать, что X = 800 *ком*). Проверка по формуле $\frac{1}{\omega C}$ даст 795 *ком*. Следовательно, точность подсчета приемлема для практики.

Пример 2. *Определить* X_L для L = 20 *мкгн* на частоте f = 100 *кгц*.

По первой номограмме находим, что X_L должно быть примерно равно 20 *ом*. При проверке по второй номограмме получаем, что прямая, соответствующая f = 1, пересекается с наклонной, соответствующей L = 2 в точке (по горизонтальной шкале) около 12. Следовательно, X_L = 12 *ом*. Расчет по формуле $X_L = \omega L$ дает 12,6 *ом*.



Номограмма для грубого подсчета реактивных сопротивлений.



Номограмма для точного подсчета реактивных сопротивлений.

Поверхностный эффект

Переменный ток в отличие от постоянного не распределяется равномерно по всему сечению проводника. Плотность тока возрастает от оси проводника к его поверхности (происходит как бы «вытеснение» высокочастотных токов к поверхности проводника). Чем выше частота тока, больше диаметр провода, больше магнитная проницаемость и меньше удельное сопротивление материала провода, тем сильнее поверхностный эффект и тем на меньшую глубину проникают токи в толщу провода.

Глубину проникновения тока в проводник (σ) при высоких частотах можно приближенно подсчитать по формуле

$$\sigma = 50{,}33\sqrt{\frac{\rho}{\mu f}},$$

где ρ — удельное сопротивление материала, *ом·мм²/м*; μ — относительная магнитная проницаемость материала; f — частота, *гц*.

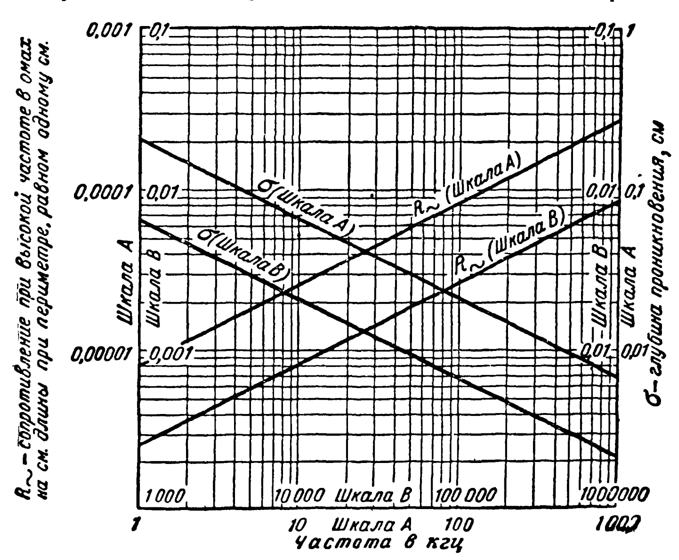
Для прямого, круглого провода из меди формула упрощается: $\sigma = \frac{6{,}5}{\sqrt{f}}$, где f — частота, *гц*.

Сопротивление медного проводника при высоких частотах на 1 *см* длины провода можно приблизительно подсчитать по формуле

$$R_{\sim} = \frac{260\sqrt{f}\,10^{-9}}{P}\ \text{ом/см},$$

где f — частота, *гц*; P — периметр (πd) проводника, *см*.

Для расчетов σ и $R_{\sim}$ можно воспользоваться номограммой.



Номограмма для определения σ и $R_{\sim}$.

3-11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Спектр электромагнитных колебаний (волн)

Название частот (колебаний)	Частоты	Название диапазонов волн (лучей)	Название групп волн (лучей)	Длины волн
Инфранизкие Низкие Промышленные Звуковые	Ниже 0,1 *гц* 0,1—10 *гц* 10—200 *гц* 20 *гц*—20 *кгц*	Низкочастотные волны	—	$3\cdot10^6$ *км* $3\cdot10^6$—$3\cdot10^4$ *км* 30—$1,5\cdot10^3$ *км* $15\cdot10^3$—15 *км*
Радио	Ниже 100 *кгц* 0,1—1,5 *мггц* 1,5—6 *мггц* 6—30 *мггц* 30—300 *мггц* 0,3—3 *Ггц* 3—30 *Ггц* 30—300 *Ггц* 0,3—3 *Тгц*	Радиоволны	Длинные Средние Промежуточные Короткие Метровые Дециметровые Сантиметровые Миллиметровые Переходные	3 *км* 3 *км*—200 *м* 200—50 *м* 50—10 *м* 10—1 *м* 1—0,1 *м* 10—1 *см* 10—1 *мм* 1—0,1 *мм*
Инфракрасные	3—400 *Тгц*	Инфракрасные лучи (волны)	Декамикронные Микронные	100—10 *мкн* 10—0,76 *мкн*
Световые	400—800 *Тгц*	Световые лучи (волны)	Красные Оранжевые Желтые Зеленые Голубые Синие Фиолетовые	7 600—6 200 Å 6 200—5 900 Å 5 900—5 600 Å 5 600—5 000 Å 5 000—4 800 Å 4 800—4 500 Å 4 500—3 800 Å
Ультрафиолетовые	0,8—60 *кТгц*	Ультрафиолетовые лучи (волны)	Ближние Крайние	3 800—500 Å 500—50 Å
Рентгеновские	0,06—75 *МТгц*	Рентгеновские лучи (волны)	Граничные Мягкие Жесткие	50—1 Å 1—0,4 Å 0,4—0,04 Å
Гамма	75 *МТгц*—3 *ГТгц*	Гамма-лучи (волны)	Декаиксовые Иксовые	40—10 *X* 10—1 *X*
Космические	—	Космические лучи (волны)	—	0,1—0,001 *X*

кгц—килогерц $=10^3$ *гц*
мггц—мегагерц $=10^6$ *гц*
Ггц—гигагерц $=10^9$ *гц*
Тгц—терагерц $=10^{12}$ *гц*
кТгц—килотерагерц $=10^{15}$ *гц*
мгТгц—мегатерагерц $=10^{18}$ *гц*
ГТгц—гигатерагерц $=10^{21}$ *гц*

1 *км*—километр $=10^3$ *м*
1 *м*—метр $=10^2$ *см*
1 *мм*—миллиметр $=10^{-1}$ *см*
1 *мкн*—микрон $=10^{-3}$ *мм* $=10^{-4}$ *см*
1 Å—ангстрем $=10^{-8}$ *см*
1 *X*—икс $=10^{-11}$ *см*

Некоторые особенности радиоволн

Диапазон волн	Длинные	Средние	Промежуточные	Короткие	Метровые	Дециметровые	Сантиметровые
Длина волны	10 000—3 000 *м*	3 000—200 *м*	200—50 *м*	50—10 *м*	10—1 *м*	1 *м*—10 *см*	10—1 *см*
Частота	20—100 *кгц*	100—1 500 *кгц*	1,5—6 *мггц*	6—30 *мггц*	30—300 *мггц*	300—3 000 *мггц*	3 000—30 000 *мггц*
Область применения	Телеграфная связь	Радиовещание	Телеграфная связь, любительская связь	Радиовещание, телеграфная и любительская связь	Радиовещание, телевидение, радионавигация, любительская связь	Телевидение, радиолокация, радионавигация, радиорелейные линии связи и другие специальные применения	
Характер излучения	Преимущественно ненаправленное		Ненаправленное и направленное			Преимущественно направленное	
Характер распространения	Главным образом поверхностная волна	Поверхностная и пространственная волны		Пространственная волна	Близкое к оптическому	Прямолинейно-оптическое	
Дальность	Большая, зависит от мощности передатчика			Большая, зависит от частоты	Зависит в основном от высоты передающей и приемной антенн; за пределами горизонта—от мощности передатчика и направленности антенн		
Высота отражающего слоя ионосферы для пространственной волны	60—80 *км*	100—400 *км*			Отражаются только при сильной ионизации	—	—
Помехи	Атмосферные, индустриальные, магнитного поля земли	Замирание, атмосферные, индустриальные	Замирание, от солнечной активности		От системы зажигания двигателей	—	—

Длина волны и частота

$$f(гц) = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot10^8}{\lambda(м)} = \frac{3\cdot10^5}{\lambda(км)};$$

$$f(кгц) = \frac{3\cdot10^5}{\lambda(м)};$$

$$f(мггц) = \frac{300}{\lambda(м)} = \frac{3\cdot10^4}{\lambda(см)}$$

$$\lambda(м) = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot10^8}{f(гц)} = \frac{3\cdot10^5}{f(кгц)} = \frac{3\cdot10^2}{f(мггц)};$$

$$\lambda(см) = \frac{3\cdot10^4}{f(мггц)}$$

λ, π, 2π, $T = \frac{1}{f}$

***f* — герц (*гц*)**
1 000 *гц* = 1 *кгц*; 1 000 *кгц* = 1 *мггц*;
1 *мггц* = 10^6 *гц*

λ — метр (*м*)
1 *м* = 10 *дц* = 100 *см* = 1 000 *мм*;
1 *мм* = 1 000 *мкн*, 1 *мкн* = 10 000 Å

Перевод длины волны в частоту

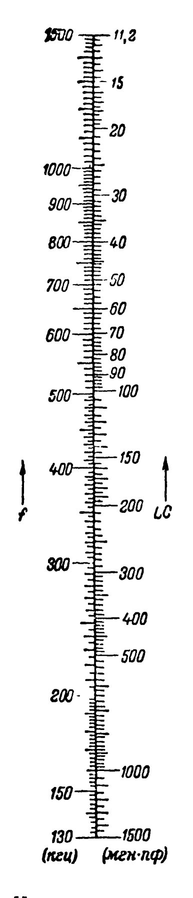
Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*
1	300 000	40	7 500	340	882,5	700	428,6	1 150	260,9
2	150 000	45	6 667	360	839,5	720	416,7	1 200	250,0
3	100 000	50	6 000	380	789,5	740	405,4	1 250	240,0
4	75 000	70	4 286	400	750,0	760	394,7	1 300	230,8
5	60 000	80	3 750	420	714,3	780	384,6	1 350	222,2
6	50 000	90	3 333	440	681,8	800	375,0	1 400	214,3
7	42 857	100	3 000	460	657,2	820	365,8	1 450	206,9
8	37 500	120	2 500	480	625,0	840	357,1	1 500	200,0
9	33 333	140	2 143	500	600,0	860	348,8	1 550	193,5
10	30 000	160	1 875	520	576,9	880	340,9	1 580	189,9
12	25 000	180	1 667	540	555,6	900	333,3	1 600	187,5
14	21 428	200	1 500	560	535,7	920	326,0	1 650	181,8
16	18 750	220	1 364	580	517,2	940	319,1	1 700	176,5
18	16 667	240	1 250	600	500,0	960	312,5	1 750	171,4
20	15 000	260	1 154	620	483,9	980	306,1	1 800	166,7
25	12 000	280	1 071	640	468,8	1 000	300,0	1 850	162,2
30	10 000	300	1 000	660	454,5	1 050	295,7	1 900	157,9
35	8 571	320	937,5	680	441,2	1 100	272,7	1 950	153,8
								2 000	150,0
								3 000	100,0

3-12. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

Частота собственных колебаний контура приближенно определяется по формуле

$$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

или по номограмме на стр. 54.



Номограмма для расчета частоты контура.

Формулы для расчетов резонансной частоты $f_{рез}$, резонансной длины волны $\lambda_{рез}$, резонансной индуктивности $L_{рез}$ и резонансной емкости $C_{рез}$.

$f_{рез}\,(гц) = \dfrac{159}{\sqrt{L\,(гн)\,C\,(мкф)}}$	$\lambda_{рез}\,(м) = 189\cdot10^4\sqrt{L\,(гн)\,C\,(мкф)}$
$f_{рез}\,(кгц) = \dfrac{5\,030}{\sqrt{L\,(мгн)\,C\,(пф)}}$	$\lambda_{рез}\,(м) = 59{,}6\sqrt{L\,(мгн)\,C\,(пф)}$
$f_{рез}\,(мггц) = \dfrac{159}{\sqrt{L\,(мкгн)\,C\,(пф)}}$	$\lambda_{рез}\,(м) = 1{,}89\sqrt{L\,(мкгн)\,C\,(пф)}$
$L_{рез}\,(гн) = \dfrac{25\,300}{C\,(мкф)\,f^2\,(гц)}$	$C_{рез}\,(мкф) = \dfrac{25\,300}{L\,(гн)\,f^2\,(гц)}$
$L_{рез}\,(мгн) = \dfrac{25{,}3}{C\,(пф)\,f^2\,(мггц)} = \dfrac{\lambda^2\,(м)}{3\,550\,C\,(пф)}$	$C_{рез}\,(пф) = \dfrac{25{,}3}{L\,(мгн)\,f^2\,(мггц)} = \dfrac{\lambda^2\,(м)}{3\,550\,L\,(мгн)}$
$L_{рез}\,(мкгн) = \dfrac{25\,300}{C\,(пф)\,f^2\,(мггц)} = \dfrac{0{,}28\,\lambda^2\,(м)}{C\,(пф)}$	$C_{рез}\,(пф) = \dfrac{25\,300}{L\,(мкгн)\,f^2\,(мггц)} = \dfrac{0{,}28\,\lambda^2\,(м)}{L\,(мкгн)}$

Резонансная частота $f_{рез}$ или резонансная длина волны $\lambda_{рез}$ определяются, если заданы L и C одинаковыми формулами для случаев последовательного и параллельного резонанса (величиной активного сопротивления r контура пренебрегаем).

Пример 1. *Дано*: $L=10$ *гн*; $C=4$ *мкф*.
Определяем:

$$f_{рез} = \frac{159}{\sqrt{10\cdot4}} \approx 25 \text{ гц}.$$

Пример 2. *Дано*: $L=100$ *мгн*; $C=3\,000$ *пф*.
Определяем:

$$f_{рез} = \frac{5\,030}{\sqrt{100\cdot3\,000}} \approx 9{,}15 \text{ кгц}.$$

Необходимую индуктивность $L_{рез}$ при заданных f и C или же $C_{рез}$ при заданных f и L можно определить, пользуясь этими же формулами или номограммой.

Пример 1. *Дано*: $f_{рез}=468$ *кгц*; $C=500$ *пф*.
Определяем:

$$L_{рез} = \frac{25{,}3}{500\cdot0{,}47^2} \approx 0{,}21 \text{ мгн}.$$

Пример 2. *Дано*: $f=10{,}7$ *мггц*; $L=7{,}4$ *мкгн*.
Определяем:

$$C_{рез}=\frac{25\,300}{7{,}4\cdot 10{,}7^2}\approx 30\ пф.$$

Пользуясь номограммой, можно упростить математические выкладки.

Пример 1. *Дано*: $f=500$ *кгц*; $C=500$ *пф*.
Для $f=500$ *кгц* находим $L\cdot C=101$, откуда при $C=500$ *пф*

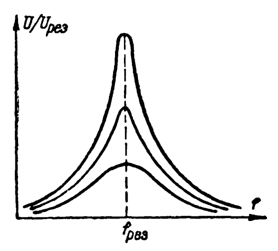
$$L_{рез}=\frac{101}{500}=0{,}205\ мгн.$$

Пример 2. *Дано*: $f=10$ *мггц*; $L=7{,}4$ *мкгн*.
Так как 10 *мггц*=10 000 *кгц* на шкале f номограммы не находим, можно определить значение $L\cdot C$ для любого другого удобного значения f, например для $f=1\,000$, для которого $L\cdot C=25{,}4$. При этом следует помнить, что если заданное f в n раз больше, чем f, взятое по шкале, то найденное значение для $L\cdot C$ нужно уменьшить в n^2 раз. В нашем случае

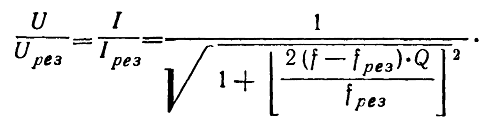
$$n=\frac{10}{1}=10,\ \text{поэтому}\ L\cdot C=\frac{25{,}4}{100}=0{,}254,\ \text{откуда}\ C_{рез}=\frac{0{,}254}{0{,}0074}=33\ пф.$$

Резонансная кривая, добротность, затухание и резонансное сопротивление контуров

Кривые резонанса — линии, выражающие графически зависимость амплитуды напряжения (или тока) в контуре от частоты источника питания контура. Чем меньше затухание контура, тем больше амплитуды колебаний при резонансе ($f=f_{рез}$), тем острее кривая резонанса и тем круче спадает она при расстройке ($f\neq f_{рез}$). Кривую резонанса можно построить, вычислив отношение $\frac{U}{U_{рез}}$ или $\frac{I}{I_{рез}}$ по формуле



Кривые резонанса контуров при разной величине затухания.



$$\frac{U}{U_{рез}}=\frac{I}{I_{рез}}=\frac{1}{\sqrt{1+\left[\frac{2(f-f_{рез})\cdot Q}{f_{рез}}\right]^2}}.$$

Полоса пропускания одиночного контура [$b_{0,7}$] — полоса частот (по обе стороны от резонансной частоты), в пределах которой резонансная кривая имеет $\frac{U}{U_{рез}}$ или $\frac{I}{I_{рез}}\geqslant 0{,}707$. Расчет ширины полосы пропускания можно произвести по формуле

$$b_{0,7}=\frac{f_{рез}}{Q}=df_{рез},$$

где Q — добротность; d — затухание.

На графике (стр. 56) представлена обобщенная резонансная кривая последовательного одиночного контура (с добротностью от 25 до 500). Кривая пригодна и для случая параллельного резонанса, но

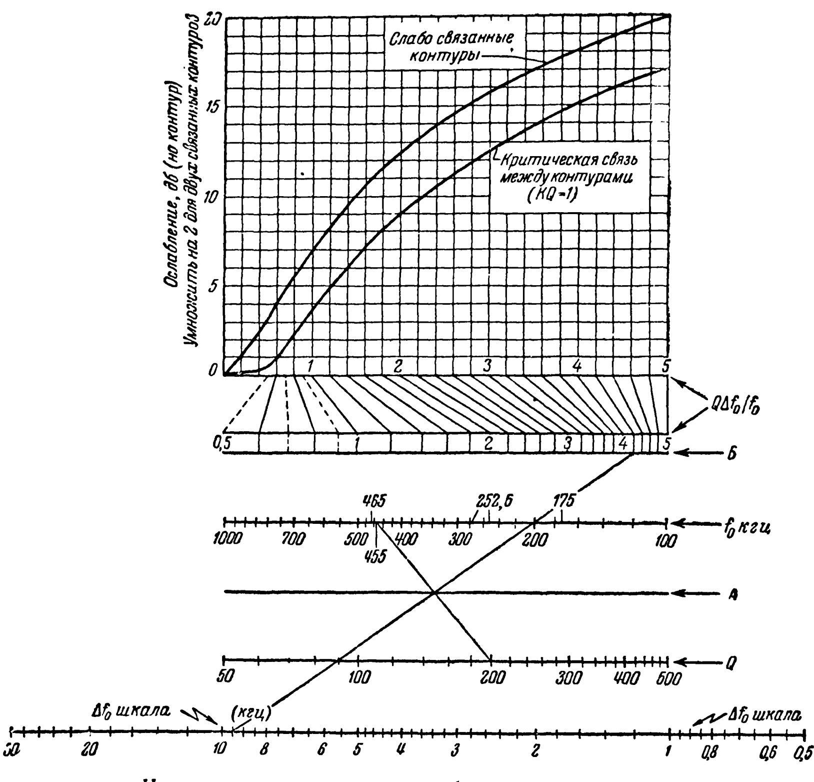


Обобщенная резонансная кривая последовательного одиночного контура.

в этом случае вместо отношения $\frac{I}{I_{рез}}$ берется отношение $\frac{U}{U_{рез}}$ и меняются знаки угла сдвига фаз на обратные.

Кривая угла сдвига фаз (φ) характеризует сдвиги фаз между напряжением и током в контуре при различных расстройках.

Избирательность контура при заданной расстройке Δf — величина, показывающая, во сколько раз (или на сколько децибел) помеха, отстоящая по частоте от резонанса на величину расстройки Δf,



Номограмма для определения избирательности контура.

будет пропускаться контуром слабее сигнала. Упрощенный подсчет избирательности можно произвести по формуле

$$c = \frac{2\Delta f}{b_{0,7}}.$$

Более точно подсчет можно произвести, пользуясь номограммой, причем для одиночного контура используется кривая „Слабо связанные контуры".

Пример. *Определить* полосу пропускания для одиночного контура с $Q=200$ на частоте $f=465$ *кгц* и ослабления для $\Delta f=9$ *кгц*.

По формулам:

$$b_{0,7}=\frac{465}{200}\approx 2,3,$$

$$\sigma=\frac{2\cdot 9}{2,3}=7,8 \text{ раза}.$$

По номограмме:
Соединяем точку *465* на шкале f_0 с точкой *200* на шкале Q. Соединяем точку *9* на шкале Δf_0 через точку пересечения первой прямой со шкалой *А* и продолжаем ее до пересечения со шкалой *Б*. Получаем значение $\frac{Q\Delta f}{f_0}=4{,}2$. По кривой для слабо связанных контуров определяем ослабление, равное 18,5 *дб*, т. е. 8,5 раз. Для случая двух слабо связанных контуров получаем 18,5·2=37 *дб*, а для двух контуров при критической связи между ними получим 15,5·2=31 *дб*.

Резонансное сопротивление контура — действующее сопротивление контура на резонансной частоте. Формулы для расчета см. на стр. 59.

Добротность, затухание и резонансное сопротивление контуров

$$d=\frac{16\,000\cdot r}{fL}=\frac{fCr}{1{,}6\cdot 10^6}$$

$$d=\frac{100}{R_{рез}}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$d=\frac{r}{10}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$d=\frac{100}{Q}$$

$$Q=\frac{fL}{160\,r}=\frac{1{,}6\cdot 10^8}{fCr}$$

$$Q=R_{рез}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$Q=\frac{1\,000}{r}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Q=\frac{100}{d}$$

$$d^*=\operatorname{tg}\vartheta=\frac{r}{X_{рез}}=\frac{X_{рез}}{R_{рез}(ом)}$$

$$Q=\frac{1}{\operatorname{tg}\vartheta}=\frac{X_{рез}}{r}=\frac{R_{рез}(ом)}{X_{рез}}$$

$$r=\frac{1\,000\,L}{CR_{рез}}=10\,d\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$r=\frac{1\,000}{Q}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$r=\frac{dfL}{16\,000}=\frac{1{,}6\cdot 10^6\,d}{fC}$$

$$r=\frac{fL}{160\,Q}=\frac{1{,}6\cdot 10^8}{C/Q}$$

$$R_{рез}=\frac{1\,000\,L}{Cr}=\frac{100}{d}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$R_{рез}=Q\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$R_{рез}=\frac{fL}{1\,600\,d}$$

$$R_{рез}=\frac{6{,}3\,QfL}{10^6}$$

d—в % (d^*—не в %); L—в *мкгн*; C—в *пф*; r—в *ом*; $R_{рез}$—в *ком*; f—в *кгц*

Основные формулы для расчета колебательного контура

Схема	Полное сопротивление в точках а и б при f_x	Фаза при f_x	Резонансная частота	Резонансное сопротивление в точках а и б	Фазовый угол при $f_{рез}$	$f_1 < f_{рез} > f_2$
а, L, C, б	$X=X_L-X_C$	$tg\varphi=\mp\infty$	$f_{рез}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез}=0$	$\varphi=0$	X, φ; +90°; X; 0; f; −90°; φ; $f_{рез}$
а, C, L, б	$X=\frac{-X_L\,X_C}{X_L-X_C}$	$tg\varphi=\pm\infty$	$f_{рез}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез}=\infty$	$\varphi=0$	X, φ; +90°; 0; f; φ; X; −90°; $f_{рез}$
а, L, r, C, б	$Z=\sqrt{r^2+(X_L-X_C)^2}$	$tg\varphi=\frac{X_L-X_C}{r}$	$f_{рез}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез}=r$	$\varphi=0$	Z, φ; Z; r; 0; f; $f_{рез}$
а, C, L, r, б	$Z=X_C\sqrt{\frac{r^2+X_L^2}{r^2+(X_L-X_C)^2}}$	$tg\varphi=\frac{-X_L(X_L-X_C)-r^2}{X_C\,r}$	$f_{рез}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез}\ \frac{L}{Cr}$	$\varphi=0$	Z, φ; $Z_{рез}$; Z; 0; f; φ; $f_{рез}$
а, C, R, L, б	$Z=\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2}+\left(\frac{1}{X_C}-\frac{1}{X_L}\right)^2}}$	$tg\varphi=R\,\frac{X_C-X_L}{X_L\,X_C}$	$f_{рез}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез}=R$	$\varphi=0$	Z, φ; Z; $Z_{рез}$; 0; f; $f_{рез}$

X, X_L, X_C, R, r, Z — в *ом*; f — в *гц*, L — в *гн*; C — в *ф*

Расчет перекрытия по частоте

Перекрытие диапазона волн, т. е. отношение максимальной длины волны (или частоты) к минимальной длине волны (или частоте) контура при неизменной катушке индуктивности, зависит от отношения максимальной емкости контура к минимальной:

$$k_n = \frac{\lambda_{макс}}{\lambda_{мин}} = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \sqrt{\frac{C'_{макс}}{C'_{мин}}} = \sqrt{\frac{C_{макс} + C_0}{C_{мин} + C_0}},$$

где $\lambda_{макс}$ и $\lambda_{мин}$ — максимальная и минимальная длины волн, получаемые при изменении емкости конденсатора;

$f_{макс}$ и $f_{мин}$ — максимальная и минимальная частоты;

$C'_{макс}$ и $C'_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости контура;

$C_{макс}$ и $C_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости конденсатора;

C_0 — неизменная емкость схемы (емкости монтажа, катушки, междуэлектродные емкости).

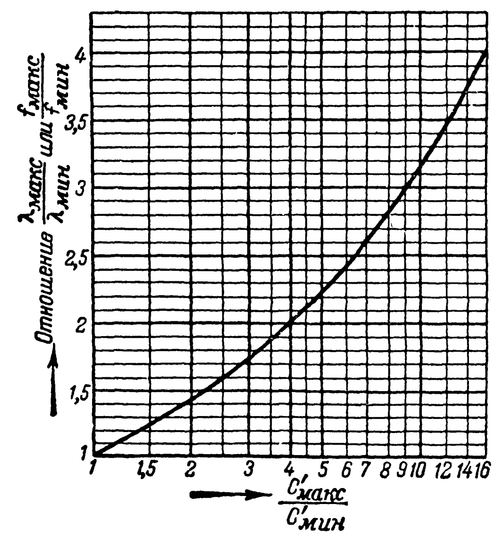


График для определения перекрытия диапазона.

Максимальная частота контура — частота при полностью выведенном, а минимальная — при полностью введенном конденсаторе.

Чтобы получить определенный диапазон перекрытия частот (волн), надо обеспечить перекрытие по емкости, равное квадрату выбранного перекрытия по частоте.

Пример. Чтобы перекрыть конденсатором контура диапазон от 200 до 600 *м* $\left(k_n = \frac{600}{200} = 3\right)$, надо перекрытие по емкости сделать равным $3^2 = 9$, т. е. при максимальной емкости контура в 500 *пф* минимальная его емкость должна быть равна $\frac{500}{9} \approx 56$ *пф*.

Подгонка осуществляется при помощи подстроечного конденсатора. Индуктивность контура рассчитывается для заданного значения $\lambda_{мин} = 200$ *м* и $C_{мин} = 56$ *пф*.

Средние величины емкостей схемы

Участок схемы	Емкость, *пф*
Входная емкость лампы	Из таблиц
Емкость монтажа	5—20
Собственная емкость однослойной катушки	3—5
Собственная емкость катушки типа „Универсаль"	5—25

3-13. СВЯЗАННЫЕ КОНТУРЫ И ПОЛОСОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

Система из двух или более связанных контуров образует полосовой фильтр.

Виды связи: индуктивная, автотрансформаторная, емкостная, активная (гальваническая).

Емкостная связь часто возникает при наличии паразитной взаимной емкости между элементами связанных контуров. Так, например, при индуктивной связи всегда имеет место и емкостная связь, обусловленная паразитными взаимными емкостями между катушками обоих контуров.

Коэффициент связи [k] является количественной характеристикой степени (величины) связи между контурами. Наиболее сильной связи соответствует коэффициент связи $k = 1$. Коэффициент связи часто выражают в процентах: $k\% = k \cdot 100$.

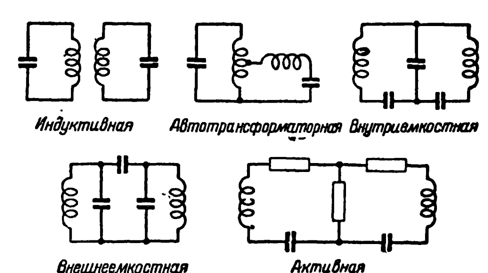
Коэффициент связи определяется по формуле

$$k = \frac{Z}{\sqrt{Z_1 Z_2}},$$

где k — коэффициент связи двух контуров;

Z — общее для обоих контуров сопротивление;

Z_1 и Z_2 — сопротивления первого и второго контуров (обычно того же типа, что и Z).



Виды связи.

Расчет коэффициента связи
(приближенные формулы)

Схема	Формула
	$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$
	$k = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{C_{св}}$ (при $C_{св} \gg C_1, C_2$)
	$k = \frac{L_{св}}{\sqrt{L_1 L_2}}$ (при $L_{св} \ll L_1, L_2$)
	$k = \frac{R_{св}}{\sqrt{R_1 R_2}}$
	$k = \frac{C_{св}}{\sqrt{C_1 C_2}}$ (при $C_{св} \ll C_1, C_2$)
	$k = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_{св}}$ (при $L_{св} \gg L_1, L_2$)
	$k = \frac{n^2 C_{св}}{C + n^2 C_{св}}$ (при $n = \frac{L'}{L} < 1$)

Критическая связь — значение коэффициента связи, соответствующего передаче максимальной мощности во вторичный контур.

Расчет простейших *LC* фильтров
(приближенные формулы)

	Схема	Пропускание	Затухание	Формулы расчета
Фильтры нижних частот	Вход; L; C; Выход	f_2; f	f_2; f	$L=\frac{0,32R}{f_2}$ $C=\frac{320000}{f_2R}$
	Вход; L_1; L_2; C; Выход	f_2; f	f_2; f	$L_1=\frac{0,2R}{f_2}$; $L_2=\frac{0,1R}{f_2}$ $C=\frac{200000}{f_2R}$
	Вход; L; C_1; C_2; Выход	f_2; f	f_2; f	$L=\frac{0,2R}{f_2}$ $C_1=\frac{80000}{f_2R}$; $C_2=\frac{200000}{f_2R}$
Фильтры верхних частот	Вход; C; L; Выход	f_1; f	f_1; f	$L=\frac{0,08R}{f_1}$ $C=\frac{80000}{f_1R}$
	Вход; C_1; L; C_2; Выход	f_1; f	f_1; f	$L=\frac{0,13R}{f_1}$ $C_1=\frac{130000}{f_1R}$; $C_2=\frac{80000}{f_1R}$
	Вход; L_1; C; L_2; Выход	f_1; f	f_1; f	$L_1=\frac{0,08R}{f_1}$; $L_2=\frac{0,13R}{f_1}$ $C=\frac{130000}{f_1R}$
Полосовой фильтр	Вход; L_1; C_1; L_2; C_2; Выход	f_1 f_2; f	f_1 f_2; f	$L_1=\frac{0,32R}{(f_2-f_1)}$; $L_2=\frac{0,08R(f_2-f_1)}{f_2f_1}$ $C_1=\frac{80000(f_2-f_1)}{f_2f_1R}$; $C_2=\frac{320000}{(f_2-f_1)R}$
Заграждающий фильтр	Вход; C_1; L_1; L_2; C_2; Выход	f_0 f f_1; f	f_0 f f_1; f	$L_1=\frac{0,32(f_1-f_0)R}{f_0f_1}$; $L_2=\frac{0,08R}{f_1-f_0}$ $C_1=\frac{80000}{(f_1-f_0)R}$; $C_2=\frac{320000(f_1-f_0)}{f_0f_1R}$
L — мгн; C — пф; R — ом; f — кгц				

Приведенные формулы дают приближенные значения величин L и C. В этих формулах принято, что сопротивление нагрузки фильтра R равно характеристическому сопротивлению фильтра:

$$\rho = 1\,000\sqrt{\frac{L}{C}}\ \text{ом},$$

где L — в *гн*, а C — в *мкф*.

$$\text{Пропускание} = \frac{\text{напряжение на выходе}}{\text{напряжение на входе}}.$$

$$\text{Затухание} = \frac{\text{напряжение на входе}}{\text{напряжение на выходе}}.$$

Безиндукционные фильтры

Контуры, содержащие только активные сопротивления и емкости, получили название *RC* фильтров. Они значительно проще по конструкции и дешевле *LC* фильтров

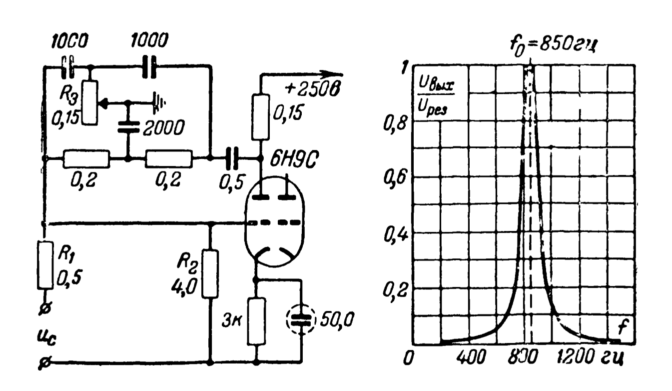
Расчет некоторых *RC* фильтров

	Схема	Пропускание	Формулы расчета
Фильтр нижних частот	Вход, R, C, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$
Фильтр верхних частот	Вход, C, R, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$
Избирательный фильтр	Вход, C_1, R_1, R_2, C_2, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = R_1 = R_2$; $C = C_1 = C_2$
Т-образные фильтры	Вход, C_1, C_2, R, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = \frac{160000}{fC}$; $C = C_1 = C_2$
	Вход, R_1, R_2, C, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$; $R = R_1 = R_2$
Двойной Т-образный фильтр	Вход, C_1, R_3, C_2, R_1, C_3, R_2, Выход	f_0, f	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = R_1 = R_2$; $R_3 = \frac{R_1}{2}$; $C = C_1 = C_2$; $C_3 = 2C_1$
f — гц; R — ом; C — мкф			

Некоторые практические ламповые схемы фильтров

Избирательный фильтр-усилитель на частоту 850 *гц*

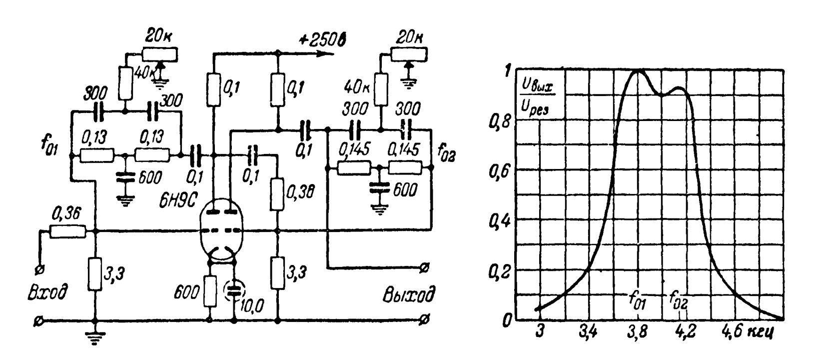
Фильтр RC включен в цепь обратной связи, поэтому характеристика перевернута, и на частоте $f_0=850$ *гц* усиление схемы будет максимальным. Кривая избирательности очень остра (на высоте 0,7 $\Delta f \approx 60$ *гц*, т. е. $\frac{\Delta f}{f} = \frac{60}{850} = 0{,}07$). Сопротивление $R_1 = 0{,}5$ *мгом* включено для того, чтобы ослабить шунтирующее действие сопротивления источника u_c.



Регулировку ширины полосы пропускания фильтра можно осуществить изменением сопротивления R_2: чем больше это сопротивление, тем уже полоса. Точная настройка фильтра на заданную частоту осуществляется при помощи переменного сопротивления R_3. Это сопротивление можно выполнить из двух последовательных сопротивлений, из которых одно переменное.

Полосовой фильтр-усилитель на частоту около 4 000 *гц*

В схеме использован двухкаскадный усилитель на двойном триоде 6Н9С. Частоты фильтров f_{01} и f_{02} несколько различны. Ширина полосы пропускания фильтра 650 *гц*.



Фильтр-усилитель нижних частот

Изменяя величины емкостей C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, можно получить различные полосы пропускания (см. таблицу). Ослабление на частоте $f_1 \approx 2$ *дб*, а на $f_2 \approx 24$ *дб*.

f_1, гц	f_2, гц	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
		пф				
7 000	20 000	100	—	75	75	150
5 000	12 000	200	50	100	100	200
4 000	8 000	300	100	150	150	300
3 000	5 600	500	250	200	200	400

Формулы расчета звеньев из *RL* или *RC*

Схема	Полное сопротивление, *ом*	Тангенс фазового угла	Тангенс угла потерь	Постоянная времени звена
	$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2}$	$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L}{r}$	$\operatorname{tg}\delta = \frac{r}{X_L}$	$\tau\,(сек) = \frac{L\,(гн)}{r\,(ом)}$ $\tau\,(мксек) = \frac{L\,(мкгн)}{r\,(ом)}$

Схема	Полное сопротивление, *ом*	Тангенс фазового угла	Тангенс угла потерь	Постоянная времени звена
	$Z=\sqrt{r^2+X_C^2}$	$\text{tg}\,\varphi=\frac{-X_C}{r}$	$\text{tg}\,\vartheta=\frac{r}{-X_C}$	τ (сек) = r (*мгом*) C (*мкф*) τ (мксек) = r (*ом*) C (*пф*)
	$Z=\frac{RX_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$	$\text{tg}\,\varphi=\frac{R}{X_L}$	$\text{tg}\,\vartheta=\frac{X_L}{R}$	τ (сек.) = $\frac{L\ (\textit{гн})}{R\ (\textit{ом})}$ τ (мксек) = $\frac{L\ (\textit{мгн})}{R\ (\textit{ком})}$
	$Z=\frac{RX_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}}$	$\text{tg}\,\varphi=\frac{-R}{X_C}$	$\text{tg}\,\vartheta=\frac{-X_C}{R}$	τ (сек.) = R (*мгом*) C (*мкф*) τ (мксек) = R (*ом*) C (*пф*)

Z — полное сопротивление; $\text{tg}\,\varphi$ — тангенс угла сдвига фаз (фазового угла) — отношение активного сопротивления r или R к реактивному X_L или X_C; $\text{tg}\,\vartheta$ — тангенс угла потерь (иногда называется коэффициент потерь) — обратная величина $\text{tg}\,\varphi$; τ — постоянная времени

Расчет фильтрующих свойств RL и RC звеньев

Схема	Постоянная времени	Полное сопротивление	Напряжения и токи		Качество фильтрации
	$\tau=CR$	$Z=\frac{R}{a_1}$	$u_C=a_2u$	$u_R=a_1u$	$S=\frac{1}{a_2}$
	$\tau=\frac{L}{R}$	$Z=\frac{R}{a_2}$	$u_L=a_1u$	$u_R=a_2u$	$S=\frac{1}{a_1}$

Схема	Постоянная времени	Полное сопротивление	Напряжения и токи		Качество фильтрации
	$\tau = CR$	$Z = a_2 R$	$i_C = a_1 i$	$i_R = a_2 i$	$S = \frac{1}{a_2}$
	$\tau = \frac{L}{R}$	$Z = a_1 R$	$i_L = a_2 i$	$i_R = a_1 i$	$S = \frac{1}{a_1}$

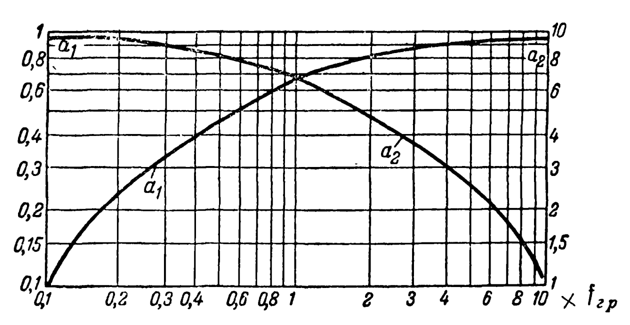
τ — постоянная времени (в сек, если C в *мкф* и R в *мгом*, или если L в *гн* и R в *ом*); Z — полное сопротивление звена; a — коэффициент ослабления. S — качество фильтрации (обратное значение величины a), определяет фильтрующие свойства звена для напряжения, поданного к точкам a и $б$.

Коэффициент ослабления a зависит от частоты. Для $f < \frac{f_{гр}}{3}$

$$a_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{гр}}{f}\right)^2}} \approx \frac{f}{f_{гр}}, \quad \text{а для } f > 3f_{гр} \quad a_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{гр}}\right)^2}} \approx \frac{f_{гр}}{f},$$

где $f_{гр}$ — граничная частота $\left(f_{гр} = \frac{1}{6{,}3\,\tau}\right)$, при которой $R = X$

Значение величины a для подсчитанного значения граничной частоты $f_{гр}$ выбранного звена можно определить, пользуясь графиком для частот от 0,1 до 10 $f_{гр}$.



ЛИТЕРАТУРА

Жеребцов И. П., Элементарная электротехника, Связьиздат, 1953, 132 с.
Ломоносов В. Ю. и Поливанов К. М., Электротехника, Госэнергоиздат, 1952, 382 с.
Жеребцов И. П., Радиотехника, Связьиздат, 1953, 436 с.
Изюмов Н. М., Курс радиотехники, Воениздат, 1950, 551 с.
Конашинский Д. А., Электрические фильтры Госэнергоиздат, 1953, 80 с.
Хайкин С. Э., Словарь радиолюбителя. Госэнергоиздат, 1952, 320 с.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РАДИОДЕТАЛИ

4-1. СОПРОТИВЛЕНИЯ

В радиоаппаратуре применяются сопротивления проволочные и непроволочные.

Проволочные сопротивления изготовляются из проволоки с большим удельным сопротивлением (нихром, манганин, константан), намотанной на основание из изоляционного материала. У непроволочных сопротивлений элементом сопротивления является специальный проводящий состав, нанесенный на стеклянные или керамические трубки или на стержни.

Непроволочные сопротивления могут быть изготовлены только в промышленных условиях. Проволочные сопротивления также выпускаются промышленностью, но наряду с этим нередко изготовляются радиолюбителями.

В зависимости от назначения применяются сопротивления постоянные или переменные. У переменных непроволочных сопротивлений проводящий состав наносится на плоскую «подковку» из гетинакса

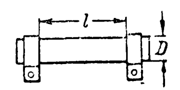
Проволочные сопротивления применяются в тех случаях, когда требуется высокая устойчивость сопротивления (в частности, в измерительной аппаратуре), а также при большой величине рассеиваемой мощности (например, в мощных усилителях и передатчиках).

Расчет однослойного проволочного сопротивления

Сопротивления, предназначаемые для поглощения излишнего напряжения в цепи, выполняются обычно в виде одного слоя провода, намотанного на фарфоровую трубку.

Расчетные соотношения

Допустимая температура нагрева (над окружающей) равна 60° С. Поверхность охлаждения равна 4 $см^2/вт$



Сопротивление R, *ом* (U — падение напряжения на сопротивлении, *в*; I — ток, *а*)	$R = \frac{U}{I}$
Диаметр провода d, *мм* (I — ток, *а*)	$d = 0{,}63 \sqrt[3]{I^2}$
Длина намотки l, *мм* (R — сопротивление, *ом*, d — диаметр провода, *мм*; D — диаметр трубки, *мм*):	
для нихрома	$l = 208\, R \frac{d^3}{D}$
для константана	$l = 510\, R \frac{d^3}{D}$
для манганина	$l = 595\, R \frac{d^3}{D}$
Число витков w (l—длина намотки, *мм*, d—диаметр провода, *мм*)	$w = \frac{l}{d}$

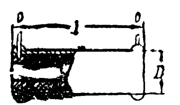
Пример расчета. *Дано*: падение напряжения на сопротивлении $U = 100$ *в*; ток через сопротивление $I = 0{,}4$ *а*; диаметр трубки $D = 30$ *мм*.

Получаем: сопротивление $R = 250$ *ом*; диаметр провода $d = 0{,}31$ *мм*. При изготовлении сопротивления из константанового провода длина провода $l = 170$ *мм*, а число витков $w = 500$.

Проволочные сопротивления типа ПЭ

Сопротивления ПЭ изготовляются из константановой или нихромовой проволоки, намотанной на керамическую трубку, и снаружи покрываются предохранительным слоем стекловидной эмали. Выводные концы выполнены в виде гибких многожильных жгутов из мягкой медной проволоки.

Сопротивления ПЭ выпускаются с номинальными значениями от 20 *ом* до 50 *ком* трех классов точности: с допуском на величину сопротивления ± 5, ± 10 и $\pm 20\%$.



Основные данные сопротивлений ПЭ

Вид сопротивления	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Номинальные значения сопротивления		Размеры *мм*		Вид сопротивления	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Номинальные значения сопротивления		Размеры, *мм*	
		от, *ом*	до, *ком*	Длина l	Диаметр D			от, *ом*	до, *ком*	Длина l	Диаметр D
I	15	20	5	50	14	IV	50	25	15	90	23
II	23	20	5	50	18	V	88	50	30	160	23
III	28	20	5	50	23	VI	150	50	50	215	30

За максимальную мощность рассеивания принимается мощность, при которой температура сопротивления не превышает 300° над окружающей.

Безиндукционные и безъемкостные постоянные проволочные сопротивления

Наименование и схема намотки	Описание намотки
Плоская	Однослойная намотка очень тонким проводом на тонкой изоляционной пластинке. Применяется на высоких частотах при малой величине сопротивления
Перекрестная	Один слой изолированной проволоки наматывается на тонкую изоляционную полоску, после чего на нее же в промежутках между витками наматывается в противоположном направлении вторая обмотка. Обе обмотки соединяются параллельно. Такая обмотка обладает малой индуктивностью и малой емкостью
Петлевая 	Через каждые полшага витка направление намотки меняется. Обладает малой индуктивностью

Наименование и схема намотки	Описание намотки
Бифилярная	Производится проводом, сложенным вдвое по длине. Обладает малой индуктивностью, но большой емкостью Применяется главным образом на низких частотах
Секционированная	Обмотка разделяется на несколько секций, наматываемых в противоположных направлениях и соединяемых последовательно. Применяется при большой величине сопротивления. Обладает незначительной индуктивностью и сравнительно небольшой емкостью

Основные данные сопротивлений ТО

Обозначение сопротивления	Номинальная рассеиваемая мощность, *вт*	Пределы номинальных значений		Размеры, *мм*	
		От, *ом*	До, *мгом*	Длина *l*	Диаметр *D*
ТО-0,25	0,25	300	10	16	4,8
ТО-0,75	0,75	750	3	32	6,5
ТО-1,5	1,5	1 000	2	45	9

Постоянные непроволочные сопротивления типа ТО

Сопротивления ТО представляют собой тонкую стеклянную трубку, на поверхность которой нанесена пленка токопроводящего состава, содержащего графит и сажу. Токопроводящий элемент опрессован пластмассой. Контактные выводы выполнены из медной луженой проволоки.

Номинальные значения сопротивлений от 300 *ом* до 10 *мгом*. По своим размерам и величине рассеиваемой мощности сопротивления делятся на три вида.

Постоянные непроволочные сопротивления типа ВС

Сопротивления ВС представляют собой керамический стержень или трубку, на поверхность которой нанесен тонкий слой углерода. Снаружи сопротивление защищено лаковым или эмалевым покрытием. Контактные выводы выполнены из медной проволоки или тонкой латунной ленты.

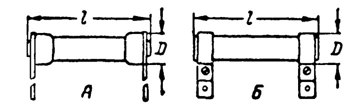
Сопротивления выпускаются с номинальными значениями от 27 *ом* до 10 *мгом* и в зависимости от допустимой мощности рассеяния разделяются на 6 видов.

Постоянные непроволочные сопротивления типа МЛТ

Сопротивления МЛТ представляют собой фарфоровый стержень, на поверхность которого нанесен тонкий проводящий слой специального металлического сплава; снаружи сопротивление защищено слоем изоляционного лака. Выводы проволочные. Сопротивления могут снабжаться дополнительными защитными чехлами (трубками из пластмассы).

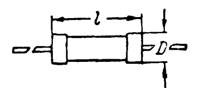
По величине допустимой мощности рассеяния сопротивления разделяются на три вида и выпускаются с номинальными значениями от 100 *ом* до 10 *мгом*.

Основные данные сопротивлений ВС



Обозначение сопротивления	Номинальная рассеиваемая мощность, *вт*	Пределы номинальных значений: От, *ом*	Пределы номинальных значений: До, *мгом*	Внешний вид*	Размеры, *мм*: Длина *l*	Размеры, *мм*: Диаметр *D*
ВС-0,25	0,25	27	5,1	А	17,5	5,4
ВС-0,5	0,5	27	10	А	27,5	5,4
ВС-1	1	47	10	А	31	7,2
ВС-2	2	47	10	А	51	9,5
ВС-5	5	47	10	Б	75	17
ВС-10	10	75	10	Б	120	27

Основные данные сопротивлений МЛТ



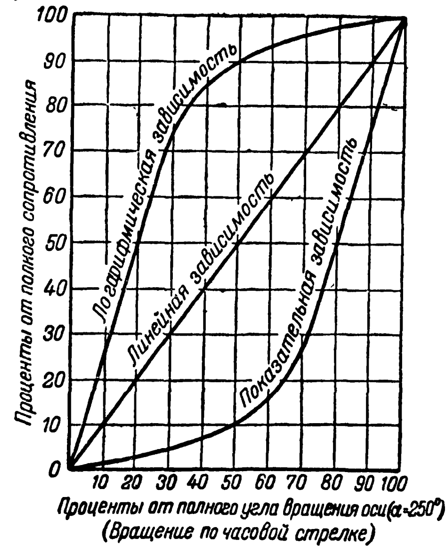
Обозначение сопротивления	Номинальная рассеиваемая мощность, *вт*	Пределы номинальных значений: От, *ом*	Пределы номинальных значений: До, *мгом*	Размеры, *мм*: Длина *l*	Размеры, *мм*: Диаметр *D*
МЛТ-0,5	0,5	100	5,1	10,4	3,8
МЛТ-1	1	100	10	12,5	6,2
МЛТ-2	2	100	10	18	8,2

Переменные непроволочные сопротивления

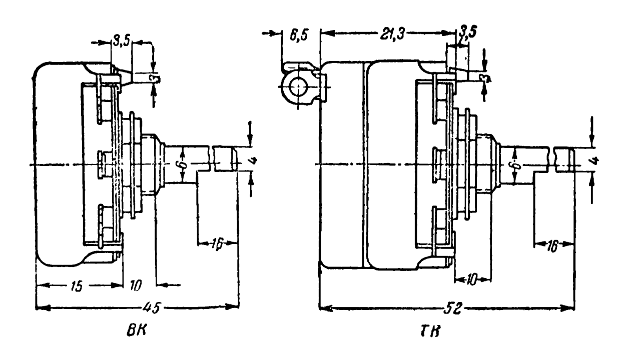
По характеру изменения своей величины в зависимости от угла поворота оси переменные сопротивления разделяются на сопротивления с линейной, логарифмической и показательной зависимостью.

Сопротивления типов ВК и ТК. Оба типа одинаковы по конструкции, но сопротивления типа ТК имеют еще выключатель питания на общей оси. Выпускаются с номинальными значениями (наибольшее сопротивление между крайними выводами) от 2 500 *ом* до 7,5 *мгом*.

Сопротивления с линейной зависимостью обеспечивают мощность рассеяния до



Кривые зависимости величины сопротивления от угла поворота оси.



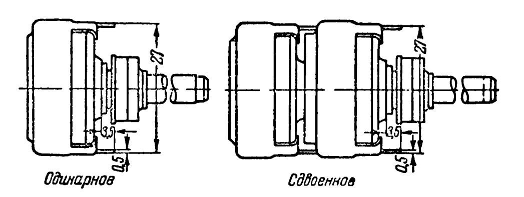
Размеры сопротивления типов ВК и ТК.

0,5 *вт*, с логарифмической зависимостью — до 0,2 *вт* и с показательной зависимостью—до 0,4 *вт* (при полностью введенном сопротивлении).

Номинальные значения сопротивлений типов ВК и ТК

ком 2,5; 3,6; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 36; 50; 75; 100; 150; 200; 250
мгом 0,36; 0,5; 0,75; 1: 1,5; 2; 2,5; 3,6; 5; 7,5

Сопротивления типа СП выпускаются одинарные и сдвоенные (два переменных сопротивления объединены на одной общей оси).



Размеры сопротивления типа СП.

Сопротивления с линейной зависимостью от 470 *ом* до 4,7 *мгом* и с предельно допустимой мощностью рассеяния, до 1 и 2 *вт*.

Сопротивления с логарифмической и показательной зависимостью от 22 *ком* до 2,2 *мгом* и с допустимой мощностью рассеяния 0,5 и 1 *вт*.

Номинальные значения сопротивлений типа СП

ком 0,47; 0,68; 1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; 10; 15; 22; 33; 47; 68; 100
мгом 0,15: 0,22; 0,33; 0,47; 0,68; 1: 1,5; 2,2; 3,3; 4,7;

Шкала номинальных значений непроволочных сопротивлений

I класс точности ($\pm 5\%$)

Для значений в пределах →	10	11	12	13	14–15	15–16	17–19	19–21	21–23	23–25	26–28	29–31	$\times 10^n$ *ом*
Пользоваться номиналами →	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	
Для значений в пределах →	32–34	35–37	37–41	41–45	45–49	49–53	53–59	59–65	65–71	71–78	78–86	86–95	$\times 10^n$ *ом*
Пользоваться номиналами →	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91	

II класс точности

Для значений в пределах →	9–11	11–13	14–16	17–19	20–24	25–30	30–36	36–42	43–51	52–61	62–74	74–90	$\times 10^n$ *ом* $\pm 10\%$
Пользоваться номиналами →	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82	

III класс точности

Для значений в пределах →	8–12	12–18	18–26	27–39	38–56	55–81	$\times 10^n$ *ом* $\pm 20\%$
Пользоваться номиналами →	10	15	22	33	47	68	

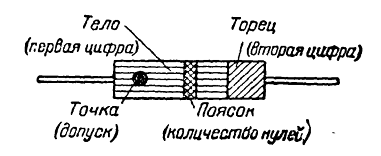
По допустимому отклонению действительной величины от номинала сопротивления разделяются на три класса точности:

I класс — допустимое отклонение . . . . $\pm 5\%$;
II класс — допустимое отклонение . . . . $\pm 10\%$;
III класс — допустимое отклонение . . . . $\pm 20\%$.

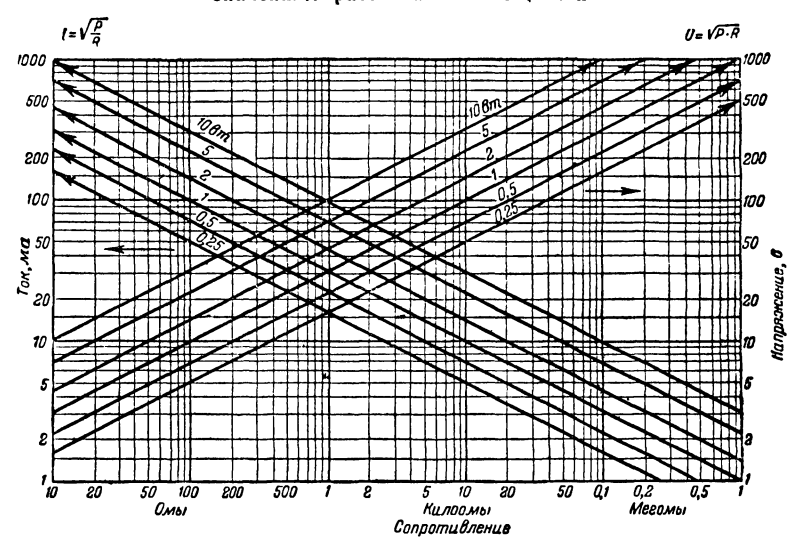
Шкала номинальных значений для каждого класса точности построена так, что она охватывает с установленными допусками все значения сопротивлений в пределах от 10 *ом* до 10 *мгом*.

Цветная маркировка непроволочных сопротивлений

Цвет	Значение цвета: Цифра	Значение цвета: Количество нулей	Значение цвета: Допуск	Цвет	Значение цвета: Цифра	Значение цвета: Количество нулей	Значение цвета: Допуск
Черный . . .	0	—	—	Фиолетовый	7	0000000	—
Коричневый	1	0	—	Серый	8	—	—
Красный . . .	2	00	—	Белый	9	—	—
Оранжевый .	3	000	—	Золотой . .	—	—	$\pm 5\%$
Желтый . . .	4	0000	—	Серебряный	—	—	$\pm 10\%$
Зеленый . . .	5	00000	—	Натуральный (без окраски)	—	—	$\pm 20\%$
Синий	6	000000	—				



Значения токов и напряжений, соответствующих номинальным значениям рассеиваемой мощности



Пример. *Дано*: $R = 10$ *ком*; $P = 1$ *вт*
Определить величину допустимого тока I и напряжения U.

Из точки, соответствующей 10 *ком*, на горизонтальной оси проводим перпендикуляр до пересечения с третьей наклонной линией (для $P = 1$ *вт*), направленной влево. По левой шкале отсчитываем ток $I = 10$ *ма*. Продолжая перпендикуляр до линии, соответствующей той же мощности, но направленной вправо, отсчитываем по правой шкале $U = 100$ *в*.

4-2. КОНДЕНСАТОРЫ

В радиоаппаратуре применяются конденсаторы постоянной и переменной емкости, а также подстроечные конденсаторы.

В конденсаторах постоянной емкости в качестве диэлектрика чаще всего используются слюда ($\varepsilon = 6 \div 7$), пропитанная бумага ($\varepsilon = 4{,}2 \div 5$), конденсаторная керамика ($\varepsilon = 12 \div 150$), полистироловая пленка ($\varepsilon = 2{,}3 \div 2{,}5$) и окись алюминия ($\varepsilon = 9 \div 10$). Для конденсаторов переменной емкости наилучшим диэлектриком является воздух ($\varepsilon = 1$).

Классы точности конденсаторов постоянной емкости

Класс точности	Допустимое отклонение от номинала
Класс 0 . . .	±2%
Класс I . . .	±5%
Класс II . . .	±10%
Класс III . . .	±20%

Температурные параметры слюдяных конденсаторов

Группы	ТКЕ на 1° С
А	Не оговаривается
Б	$\pm 200\cdot 10^{-6}$
В	$\pm 100\cdot 10^{-6}$
Г	$\pm 50\cdot 10^{-6}$

Температурные параметры керамических конденсаторов

Группа	Д	Ж	М	Р	С
ТКЕ на 1° С	$-700\cdot 10^{-6}$	$-600\cdot 10^{-6}$	$-50\cdot 10^{-6}$	$+30\cdot 10^{-6}$	$+110\cdot 10^{-6}$
Цвет окраски	Красный	Оранжевый	Голубой	Серый	Синий

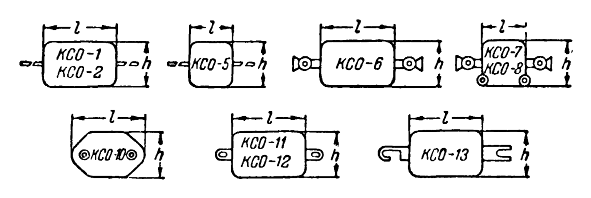
ТКЕ — температурный коэффициент емкости — относительное изменение емкости на 1° С.

Конденсаторы типа КСО

Слюдяные, опрессованные в пластмассу конденсаторы КСО используются главным образом в цепях высокой частоты (благодаря крайне небольшим диэлектрическим потерям в слюде) и выпускаются с номинальными значениями от 51 до 50 000 *пф*. Промежуточные значения емкостей внутри этих пределов (для всех видов слюдяных, а также для керамических конденсаторов) соответствуют шкале, которая совпадает со шкалой номинальных значений сопротивлений (см. стр. 73).

Диэлектриком служат тонкие листки высококачественной слюды, а обкладками — листки из металлической фольги или тонкие слои серебра, наносимого методами вжигания или вакуумного испарения непосредственно на поверхность слюды.

Основные данные конденсаторов типа КСО

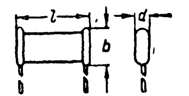


Обозначение	Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*	Размеры, *мм*	
			l	*h*
КСО-1	51—220	250	13	7
КСО-2	100—680	500	18	11
КСО-5	470—6 800 7 500—10 000	500 250	20 20	20 20
КСО-6	100—2 700	1 000	27	16,5
КСО-7	47—1 000 1 100—2 200 2 400—3 300	2 500 1 500 1 000	32 32 32	28 28 28
КСО-8	1 000—3 300 3 600—4 300 4 700—6 800 7 500—10 000 12 000—30 000 10 000—30 000	2 500 2 000 1 500 1 000 500 250	32 32 32 32 32 32	28 28 28 28 28 28
КСО-10	47—1 000 3 000—4 700 5 100—10 000	3 000 2 500 2 000	44 44 44	34 34 34

Обозначение	Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*	Размеры, *мм*	
			l	*h*
КСО-10	12 000—15 000 18 000—20 000 25 000—50 000 30 000—50 000	1 500 1 000 500 250	44 44 44 44	34 34 34 34
КСО-11	110—560 620—3 300 3 600—6 800 7 500—10 000 6 800—10 000	3 000 2 000 1 000 500 250	41 41 41 41 41	20 20 20 20 20
КСО-12	10—390 680—1 500 3 300—3 900 6 800—10 000 12 000—20 000 10 000—20 000	5 000 3 000 2 000 1 000 500 250	46 46 46 46 46 46	27 27 27 27 27 27
КСО-13	10—390 330—1 800 3 300—10 000 12 000—25 000 20 000—50 000 20 000—50 000	7 000 5 000 2 000 1 000 500 250	64 64 64 64 64 64	40 40 40 40 40 40

Конденсаторы типа СГМ

Малогабаритные, герметизированные, в керамических корпусах слюдяные конденсаторы СГМ предназначаются для работы в цепях



высокой частоты. Изготовляются емкостью от 100 до 10 000 *пф* с температурными коэффициентами, соответствующими группам Б и Г.

Основные данные конденсаторов типа СГМ

Обозначение	Емкость *пф*	Рабочее напряжение, *в*	Размеры, *мм*		
			l	*d*	*b*
СГМ-1	100—560	250	13	5,1	9,1
СГМ-2	100—4 300 100—3 000 100—1 800	500 1 000 1 500	13 13 13	6,6 6,6 6,6	9,6 9,6 9,6
СГМ-3	620—1 200	250	13	7,1	13,1
СГМ-4	6 800—10 000 4 700—6 200 3 200—6 800 2 000—4 300	250 500 1 000 1 500	18 18 18 18	8,3 8,3 8,3 8,3	21,3 21,3 21,3 21,3

Конденсаторы типов КТК и КДК

Керамические конденсаторы КТК и КДК предназначаются главным образом для использования в цепях высокой частоты Конструктивно они выполняются в виде трубки (КТК) или диска (КДК) из специальной конденсаторной керамики с малыми диэлектрическими потерями. Обкладки — тонкий слой серебра, наносимый на поверхность керамики методом вжигания при высокой температуре. Конденсаторы рассчитаны на рабочие напряжения до 250 *в* (действующего значения) высокой частоты или 500 *в* постоянного тока и выпускаются емкостью от 2 до 1 000 *пф*.

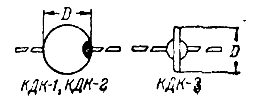
Основные данные конденсаторов типа КТК

Обозначение	Пределы номинальных емкостей, *пф*					Длина *l*, *мм*
	Группа Д	Группа Ж	Группа М	Группа Р	Группа С	
КТК-1	2—180	2—150	2—39	2—15	2—15	11
КТК-2	100—360	100—300	30—91	10—39	10—39	20
КТК-3	240—560	240—430	82—150	36—62	24—51	30
КТК-4	430—750	340—620	130—200	56—82	43—68	40
КТК-5	680—1 000	560—750	180—240	75—120	62—100	50

Значения групп см. на стр. 74.

Основные данные конденсаторов типа КДК

Обозначение	Пределы номинальных емкостей, *пф*					Диаметр, *мм*
	Группа Д	Группа Ж	Группа М	Группа Р	Группа С	
КДК-1	3—30	2 20	1—7	1—5	1—3	8
КДК-2	30—130	20—100	7—20	5—15	3—10	16
КДК-3	30—75	20—62	3—10	1—7	1—5	10



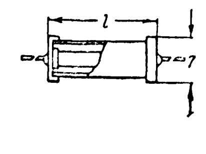
Конденсаторы типа КГК

Герметизированные, в фарфоровых трубках керамические конденсаторы КГК предназначены для работы в высокочастотных цепях с напряжением до 250 *в* (действующего значения) и до 500 *в* постоянного тока.

Основные данные конденсаторов типа КГК

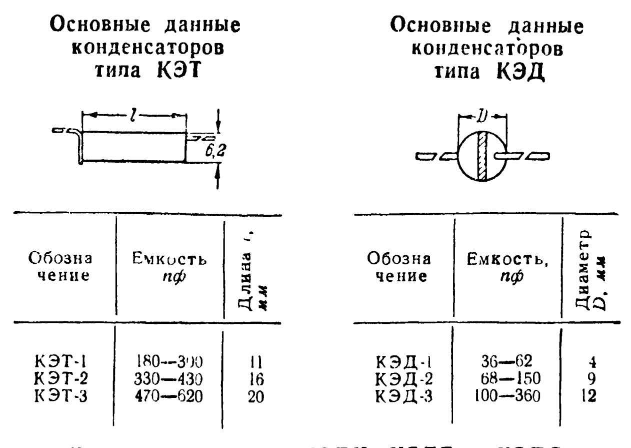
Обозначение	Пределы номинальных значений емкостей, *пф*				Длина *l*, *мм*
	Группа Д	Группа М	Группа Р	Группа С	
КГК-1	5—180	5—39	5—15	5—15	16
КГК-2	100—360	30—91	10—39	10—30	25
КГК-3	240—560	82—150	36—62	24—51	35
КГК-4	430—750	130—200	56—82	13—68	45
КГК-5	680—1 000	180—240	75—120	62—100	55

Значения групп см. на стр. 74



Конденсаторы типов КЭТ и КЭД

Керамические конденсаторы КЭТ и КЭД рассчитаны на работу в высокочастотных цепях с напряжением высокой частоты до 150 *в* (действующего значения) и напряжением постоянного тока до 500 *в* для конденсаторов типа КЭТ и до 250 *в* — для КЭД. Температурный коэффициент емкости равен — $1\,500 \cdot 10^{-6}$ на 1° С. Конденсаторы покрыты красной эмалью с зеленой полосой.



Основные данные конденсаторов типа КЭТ

Обозначение	Емкость *пф*	Длина *l*, *мм*
КЭТ-1	180—300	11
КЭТ-2	330—430	16
КЭТ-3	470—620	20

Основные данные конденсаторов типа КЭД

Обозначение	Емкость, *пф*	Диаметр *D*, *мм*
КЭД-1	36—62	4
КЭД-2	68—150	9
КЭД-3	100—360	12

Конденсаторы типов КЭДН, КЭДБ и КЭДС

Керамические конденсаторы КЭДН, КЭДБ и КЭДС предназначены для работы в низкочастотных цепях с действующим напряжением переменной составляющей до 150 *в* и напряжением постоянного тока до 250 *в*.

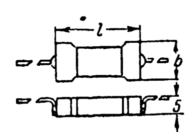
КЭДН, КЭДС КЭДБ

Основные данные конденсаторов типов КЭДН, КЭДБ и КЭДС

Обозначение	Емкость, *пф*	Диаметр *D*, *мм*	Допуск %	Примечание
КЭДН 1	68—160	4	±10	Окрашены красной эмалью с голубой полосой
КЭДН-2	180—470	9	±10	
КЭДН-3	510—750	12	±10	
КЭДБ-1	180—330	4,5	±10	
КЭДБ-2	510—910	9,5	±10	
КЭДБ-3	1 000—1 500	12,5	±10	
КЭДС-1	1 000	4	+100—50	Окрашены красной эмалью с синей полосой
КЭДС-2	3 000	9	+100—50	
КЭДС-3	6 800	12	+100—50	

Конденсаторы типа КС

Конденсаторы предназначены для работы в цепях, имеющих напряжение высокой частоты. Диэлектриком служат слои стекловид-

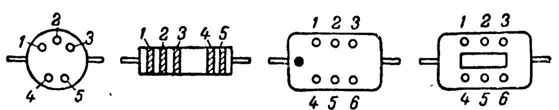


Основные данные конденсаторов типа КС

Емкость, *пф*	Размеры	
	l	*b*
10—180	14,5	8,5
150—430	17,5	12

ной эмали, а обкладками — тонкие слои серебра наносимого на эмаль методом вжигания при высокой температуре Температурный коэффициент емкости составляет $+70 \cdot 10^{-6}$ на 1° С. Рабочее напряжение не более 500 *в* постоянного тока

Цветная маркировка конденсаторов



1-десятки, 2-единицы, 3-множитель, 4-допуск, 5-ТКЕ, 6-рабочее напряжение

Цвет	Номинальная емкость, *пф*		Класс точности	Группа по ТКЕ	Рабочее напряжение, *в*	Цвет	Номинальная емкость, *пф*		Класс точности	Группа по ТКЕ	Рабочее напряжение, *в*
	Цифра	Множитель					Цифра	Множитель			
Черный	0	1	—	—	—	Голубой	—	—	—	М	—
Коричневый	1	10	—	—	250	Фиолетовый	7	10^7	—	—	3 000
Красный	2	10^2	—	Д	500	Серый	8	10^8	—	Р	5 000
Оранжевый	3	10^3	—	Ж	1 000	Белый	9	10^9	0	Г	7 000
Желтый	4	10^4	—	—	1 500	Золотой	—	0,1	I	В	—
Зеленый	5	10^5	—	—	2 000	Серебряный	—	0,01	II	Б	—
Синий	6	10^6	—	С	2 500	Натуральный (без окраски)	—	—	III	А	—

Конденсаторы типа КБ

Бумажные конденсаторы КБ (в цилиндрическом бумажном корпусе) предназначены для работы в цепях, имеющих переменное напряжение низкой частоты и напряжение постоянного тока. Диэлектриком у них служит бумага, пропитанная воскообразными изолирующими веществами, а обкладками — полосы из металлической фольги

Основные размеры конденсаторов типа КБ

Номер корпуса	Размеры *мм*		Номер корпуса	Размеры, *мм*		Номер корпуса	Размеры *мм*	
	l	*D*		*l*	*D*		*l*	*D*
1	37	14	6	37	25	10	57	20,5
2	37	15	7	57	14	11	57	25
3	37	17	8	57	16	12	57	28,5
4	37	18,5	9	57	18,5	13	57	32
5	37	20,5						

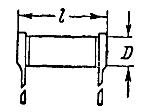
Основные электрические данные конденсаторов типа КБ

Емкость	Рабочее напряжение, *в*			Емкость	Рабочее напряжение, *в*		
	200	400	600		200	400	600
	Номер корпуса				Номер корпуса		
4 700 *пф*	—	1	2	0,05 *мкф*	3	5 и 9	7 и 10
5 600 „	—	1	—	0,07 „	4 и 8	9	11
6 800 „	—	1	2	0,1 „	5 и 8	7 и 10	11
0,01 *мкф*	1	2	3	0,15 „	6 и 9	11	12
0,015 „	1	2	3	0,2 „	7 и 10	12	13
0,02 „	2	3	4	0,25 „	11	12	—
0,025 „	2	3	8	0,3 „	12	13	—
0,03 „	2	4 и 8	9	0,5 „	12	—	—

Конденсаторы типа КБГ

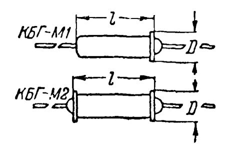
Бумажные герметизированные конденсаторы КБГ выпускаются емкостью от 470 *пф* до 2 *мкф*. По конструктивному оформлению различаются: КБГ-И — в цилиндрическом корпусе из керамики, КБГ-М — в цилиндрическом металлическом корпусе, КБГ-МП — в металлическом прямоугольном корпусе и КБГ-МН — в металлическом прямоугольном корпусе, нормальный.

Основные размеры конденсаторов типа КБГ-И



Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	l	*D*
1	15	7
2	18	7
3	21	7
4	25	9,2
5	25	13,4
6	25	15,4

Основные размеры конденсаторов типов КБГ-М1 и КБГ-М2



Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	l	*D*
7	38	10
8	45	14
9	50	17

Схема соединения секций конденсаторов типа КБГ.

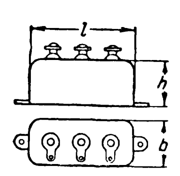
Схема					
Индекс	*К*	*И*	*К*	*И*	*И*

Основные электрические данные конденсаторов типов КБГ-И, КБГ-М1 и КБГ-М2

Емкость	КБГ-1			КБГ-М1 и КБГ-М2		
	Рабочее напряжение, *в*					
	200	400	600	200	400	600
	Номера корпусов					
470 *пф*	—	1	3	—	—	—
680 "	1	2	3	—	—	—
1 000 "	1	2	3	—	—	—
1 500 "	—	2	3	—	—	—
2 200 "	2	—	3	—	—	—
3 300 "	2	—	3	—	—	—
4 700 "	3	—	4	—	—	—
6 800 "	—	—	4	—	—	—
0,01 *мкф*	—	—	4	—	—	7
0,015 "	—	4	5	—	—	7

Емкость	КБГ-1			КБГ-М1 и КБГ-М2		
	Рабочее напряжение, *в*					
	200	100	600	200	400	600
	Номера корпусов					
0,02 *мкф*	4	—	5	—	—	7
0,025 "	4	—	5	—	—	7
0,03 "	4	5	6	—	—	7
0,04 "	5	6	—	7	—	8
0,05 "	5	6	—	7	—	8
0,07 "	5	—	—	7	8	9
0,1 "	6	—	—	—	8	9
0,15 "	—	—	—	—	8	9
0,2 "	—	—	—	8	9	—
0,25 "	—	—	—	8	9	—

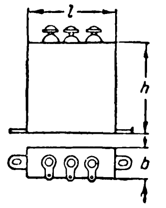
Основные размеры конденсаторов типа КБГ-МП



Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*
1	46	26	18
2	46	26	22
3	46	36	22
4	51	51	25

Конденсаторы КБГ-МП изготовляются с разными вариантами расположения выводов (сверху, сбоку и снизу) и крепления.

Основные размеры конденсаторов типа КБГ-МН



Номер корпуса	Размеры, *мм*			Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*		*l*	*b*	*h*
1	36	21	60	5	49	34	110
2	49	29	60	6	69	39	95
3	49	34	60	7	69	39	110
4	49	34	80	8	69	64	110

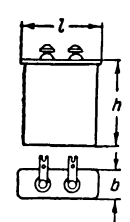
Конденсаторы КБГ-МН изготовляются с двумя вариантами крепления.

Основные электрические данные конденсаторов типа КБГ-МП

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*					Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*				
	200	400	600	1 000	1 500		200	400	600	1 000	1 500
	Номер корпуса						Номер корпуса				
0,01	—	—	—	1	1	2×0,05	—	—	—	1	2
0,05	—	—	—	1	1	2×0,1	—	—	1	3	4
0,1	—	—	—	1	3	2×0,25	2	3	—	4	—
0,25	—	1	2	2	4	2×0,5	3	—	4	—	—
0,5	2	—	3	4	—	2×0,05	—	—	1	2	—
1	3	—	4	—	—	3×0,1	1	2	3	4	—
2	4	—	—	—	—	3×0,25	3	—	4	—	—

Основные электрические данные конденсаторов типа КБГ-МН

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*					Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*				
	200	400	600	1 000	1 500		200	400	600	1 000	1 500
	Номер корпуса						Номер корпуса				
0,25	—	—	—	1	2	8	6	8	—	—	—
0,5	—	—	1	2	4	10	7	—	—	—	—
1	1	2	3	4	5	2×0,25	—	—	—	2	4
2	2	4	5	6	8	2×0,5	—	2	3	4	5
4	4	6	7	8	—	2×1	2	4	5	6	8
6	6	7	8	—	—	2×2	4	6	7	8	—



Конденсаторы типа КМБГ

Малогабаритные герметизированные конденсаторы КМБГ изготовляются из металлизированной бумаги (тонкий слой металла наносится распылением непосредственно на бумагу).

Основные размеры конденсаторов типа КМБГ

Номер корпуса	Размеры, *мм* h	l	b	Номер корпуса	Размеры, *мм* h	l	b
1	25	31	11	9	50	46	31
2	25	31	16	10	50	46	36
3	25	31	21	11	50	46	41
4	25	31	26	14	50	46	56
5	25	31	31	15	50	46	61
6	50	46	16	16	50	46	81
7	50	46	21	20	115	65	47
8	50	46	26				

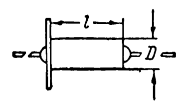
Основные электрические данные конденсаторов типа КМБГ

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*: 160	250	400	600
	Номер корпуса			
0,1	—	—	—	2
0,25	—	1	2	3
0,5	1	2	3	5
1	1	4	6	6
2	3	6	7	9
4	5	8	10	14
10	7	14	16	—
15	9	—	—	—
20	11	—	—	—
30	15	—	—	—
2×0,5	1	4	—	—

Конденсаторы типа КБП

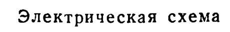
Проходные, с малой индуктивностью, бумажные конденсаторы КБП предназначены для подавления помех радиоприему в области частот до 60 *мггц*. Изготовляются с разными способами крепления, на емкости от 0,025 до 2 *мкф*. Различные варианты конденсаторов КБП различаются по длине и диаметру стержня. Приведенные ниже данные относятся к конденсаторам с диаметром выводного стержня 1 и 2 *мм*.

Основные размеры конденсаторов типа КБП



Номер корпуса	Размеры, *мм* l	D
1	25	10
2	35	14
3	35	20
4	45	20
5	55	24
6	55	35
7	62	40

Основные электрические данные конденсаторов типа КБП





Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*: 110= 50~	250= 100~	500= 220~	1 000= 380~	1 500= 500~
	Номер корпуса				
0,025	—	1	2	3	4
0,05	1	2	3	4	5
0,1	2	3	4	5	6
0,25	3	4	5	—	7
0,5	4	5	6	7	—
1	5	6	7	—	—
2	6	7	—	—	—

Электролитические конденсаторы

Электролитические конденсаторы предназначаются для работы в цепях только с постоянным или пульсирующим напряжением. Требуют обязательного соблюдения полярности включения. Диэлектриком у них служит тонкий слой окиси алюминия, нанесенный электролитическим способом на положительный полюс (анод), сделанный из чистого алюминия. Выпускаются с номинальными значениями емкостей от 2 до 2 000 *мкф*. Допускаемое отклонение емкости от номинальной составляет от +50% до —20%.

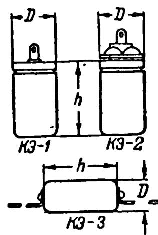
Ток утечки у электролитических конденсаторов определяется по формуле

$$I_у \leqslant CU\,10^{-4} + m,$$

где $I_у$ — ток утечки, *ма*; C — емкость, *мкф*; U — напряжение, *в*; $m = 0{,}2$ для емкости до 5 *мкф*, $m=0{,}1$ для емкости от 8 до 50 *мкф* и $m=0$ для емкости свыше 50 *мкф*.

Справочные данные приводятся для конденсаторов группы М — морозостойких (с интервалом рабочих температур от —40 до +60° С).

Основные размеры конденсаторов типа КЭ



Номер корпуса	Размеры, *мм* h	D
1	28	16
2	28	19
3	35	21
4	60	26
5	65	34
6	90	34
7	114	34
8	114	50
9	114	65
10	47	17,5
11	47	20,5
12	47	25,5

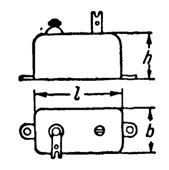
Электролитические конденсаторы типа КЭ

По конструкции конденсаторы типа КЭ делятся на три вида: КЭ-1, КЭ-2 и КЭ-3.

Основные электрические данные конденсаторов типа КЭ

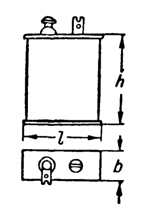
Обозначение	Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в* 12	20	30	50	150	300	400	450	500
		Номер корпуса								
КЭ-1 и КЭ-2	5	—	—	—	—	—	3	3	4	4
	10	—	—	—	2	3	4	4	4	5
	20	—	1	1	2	3	4	4	5	6
	30	1	1	2	3	4	4	—	—	—
	50	2	2	3	4	—	—	—	—	—
	100	3	3	4	5	—	—	—	—	—
	200	4	4	6	—	—	—	—	—	—
	500	5	6	7	—	—	—	—	—	—
	1 000	7	8	—	—	—	—	—	—	—
	2 000	8	9	—	—	—	—	—	—	—
КЭ-3	4	—	—	—	—	—	10	11	11	—
	8	—	—	—	—	10	11	12	12	—
	20	—	—	—	10	11	12	—	—	—
	50	—	10	11	12	—	—	—	—	—
	100	11	11	—	—	—	—	—	—	—

Основные размеры конденсаторов КЭГ-1



Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*
1	46	26	18
2	46	26	22
3	46	36	22
4	51	51	25

Основные размеры конденсаторов КЭГ-2



Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*
1	33	23	45
2	37	22	60
3	49	29	60
4	49	34	60
5	49	34	80
6	49	34	110
7	69	39	110
8	69	64	110

Электролитические конденсаторы КЭГ

Герметизированные электролитические конденсаторы типа КЭГ делятся на два вида: КЭГ-1 и КЭГ-2.

Основные электрические данные конденсаторов КЭГ-1

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*									
	8	12	20	30	50	150	300	400	450	500
	Номер корпуса									
2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
5	—	—	—	—	—	1	1	2	3	3
10	—	—	—	—	—	1	2	3	3	4
15	—	—	—	—	—	2	3	4	4	—
20	—	—	—	—	1	2	3	4	4	—
30	—	—	—	—	1	3	4		—	—
50	—	—	1	1	1	3	—	—	—	—
100	—	1	2	3	4	—	—	—	—	—
200	2	3	4	—	—	—	—	—	—	—
500	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Основные электрические данные конденсаторов КЭГ-2

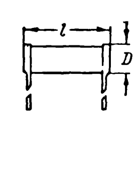
Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*							
	12	20	30	50	150	300	450	500
	Номер корпуса							
5	—	—	—	—	—	—	—	1
10	—	—	—	—	—	1	2	3
20	—	—	—	—	—	2	3	4
50	—	—	—	1	2	4	—	—
100	—	1	1	2	—	—	—	—
200	—	2	3	4	—	—	—	—
500	2	3	4	—	—	—	—	—
1 000	4	4	5	—	—	—	—	—
2 000	6	6	—	—	—	—	—	—

Конденсаторы типа ПГС

Герметизированные конденсаторы ПГС предназначены для работы в низкочастотных цепях, но при значении емкости до 0,01 *мкф* могут

Основные размеры конденсаторов ПГС-И

Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	l	*D*
1	25	13,1
2	31	13,1
3	31	15,4
4	31	19,4
5	41	19,4



быть использованы в цепях с частотой до 1 *мггц*. Диэлектриком у них служит тонкая стирофлексная пленка, а обкладками — металлическая фольга. По конструкции делятся на два вида: ПГС-И — в цилиндрическом корпусе из керамики и ПГС-М — в прямоугольном металлическом корпусе.

Основные электрические данные конденсаторов ПГС-И

Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*		Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*		Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*	
	500	1 000		500	1 000		500	1 000
	Номер корпуса			Номер корпуса			Номер корпуса	
3 000	1	3	5 100	2	4	8 200	3	5
3 300	1	3	5 600	2	4	9 100	3	5
3 600	1	3	6 200	2	5	10 000	3	5
3 900	1	3	6 800	2	5	15 000	4	—
4 300	1	3	7 500	3	5	20 000	5	—
4 700	1	3						

Основные размеры конденсаторов ПГС-М

Номер корпуса	Размеры, *мм*			Номер корпуса	Размеры, *мм*			Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*h*	*b*		*l*	*h*	*b*		*l*	*h*	*b*
1	31	50	21	4	36	50	21	7	68	74	38
2	36	35	16	5	46	45	26	8	68	74	68
3	36	40	21	6	48	60	33	9	126	70	66

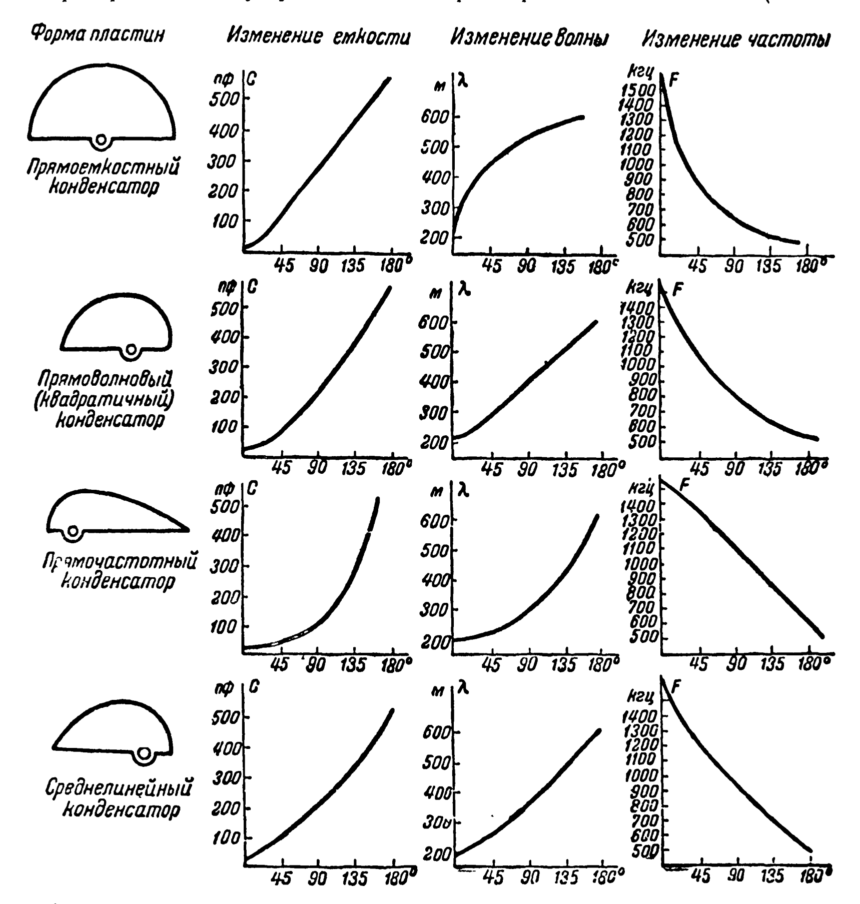
Основные электрические данные конденсаторов ПГС-М

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*			Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*			Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*		
	250	500	1 000		250	500	1 000		250	500	1 000
	Номер корпуса				Номер корпуса				Номер корпуса		
0,015	—	—	1	0,04	—	3	5	0,5	7	—	—
0,02	—	—	1	0,05	—	3	5	1	8	—	—
0,025	—	2	4	0,1	—	5	—	2	9	—	—
0,03	—	2	4	0,25	6	—	—				

Конденсаторы переменной емкости

Конденсаторы переменной емкости состоят из одной или нескольких секций с общей осью вращения. Диэлектриком в них, как правило, служит воздух, обладающий наименьшими диэлектрическими потерями.

По характеру зависимости изменения емкости от угла поворота подвижных пластин различают конденсаторы прямоемкостные, емкость которых изменяется пропорционально углу поворота подвижных пластин (углу, на который подвижные пластины введены в зазоры неподвижных), конденсаторы прямоволновые, с которыми длина волны контура изменяется пропорционально этому углу, конденсаторы прямочастотные, с которыми частота контура изменяется пропорционально углу, и конденсаторы среднелинейные (лога-



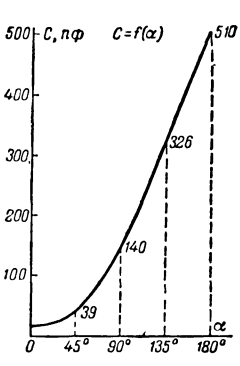
Форма пластин для различных видов конденсаторов и характеристики изменения емкости, длины волны и частоты контура с этими конденсаторами.

рифмические), относительное (процентное) приращение емкости у которых на 1° шкалы остается постоянным в любом месте шкалы.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в радиовещательных приемниках, обычно имеют зависимость изменения емкости, близкую к среднелинейной.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в радиовещательных приемниках

Тип приемника	Количество секций конденсатора	Пределы изменения емкости, *пф*
АРЗ-49, АРЗ-51 „Искра", „Москвич-В" (третий вариант), „Рекорд", „Рекорд-47", „Салют"	2	17—500
„Балтика", „Балтика-52"	2	12—540
„Восток-49", „Электросигнал-2"	2	11—490
„Латвия", „Мир"	3	12—540
„Минск", „Минск-Р7, „Пионер"	2	12—450
„Минск-С4"	2	15—460
„Москвич", „Москвич-В"	2	10—450
„Москвич-В" (второй вариант), „Урал-47", „Урал-49"	2	15—520
„Рига Т-755", „Таллин-Б2", VV-662, VV-663	2	10—500
„Рига-6"	2	15—500
„Рига- Б-912"	1	12—500



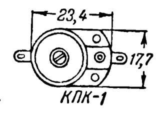
Типовая кривая зависимости емкости конденсатора от угла поворота его оси для обычных конденсаторов радиовещательных приемников.

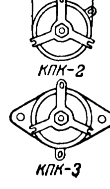
Подстроечные конденсаторы типа КПК

Подстроечные (полупеременные) конденсаторы КПК предназначены для точной подстройки емкости в цепях высокой частоты. Они допускают работу при действующем значении напряжения высокой частоты до 250 *в* или при напряжении постоянного тока до 500 *в*. Температурный коэффициент емкости находится в пределах от —200 до $-700 \cdot 10^{-6}$ на 1° С. По конструкции и габаритным размерам конденсаторы типа КПК делятся на три вида: КПК-1, КПК-2 и КПК-3.

Основные данные конденсаторов КПК-1

Емкость, *пф*	
Минимальная (не более)	Максимальная (не менее)
2	7
4	15
6	25
8	30





Основные данные конденсаторов КПК-2 и КПК-3

Емкость, *пф*	
Минимальная (не более)	Максимальная (не менее)
6	60
10	100
25	150

4-3. КАРБОНИЛЬНЫЕ СБРДЕЧНИКИ

Сердечники из карбонильного железа предназначаются для увеличения индуктивности высокочастотных катушек и изготовляются двух видов: цилиндрические и броневые.

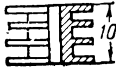
Цилиндрические сердечники по конструкции подразделяются на четыре типа: СЦР — с резьбой; СЦГ — гладкие; СЦТ — трубчатые; СЦШ — с латунной шпилькой длиной от 8 до 4 *мм*.

Основные данные цилиндрических карбонильных сердечников

Тип сердечника	Размеры, *мм*		Среднее значение $\mu_д$		Среднее значение Q	
	D	l	класс А	класс Б	класс А	класс Б
СЦР-1	6	10	1,5	1,7	130	90
СЦР-2	6	19	1,65	1,95	135	92
СЦР-3	7	10	1,6	1,7	130	100
СЦР-4	7	19	1,75	1,95	140	97
СЦР-5	8	10	1,6	1,7	130	105
СЦР-6	8	19	1,8	1,9	145	105
СЦР-7	9	10	1,5	1,65	140	105
СЦР-8	9	19	1,75	1,85	145	110
СЦГ-1	9,3	10	2,1	2,1	160	130
СЦГ-2	9,3	19	2,45	2,35	185	137
СЦТ-1	9,3	10	2	2	160	130
СЦТ-2	9,3	19	2,35	2,2	180	137
СЦШ-1	9,3	10	2	2	130	180
СЦШ-2	9,3	19	2,5	2,5	180	140

Класс А рассчитан на диапазон 200 ÷ 2 000 *кгц*, а класс Б — на диапазон 2 ÷ 25 *мгц*.

Приведенные в таблице значения действующей магнитной проницаемости ($\mu_д$) дают величину отношения индуктивности (L_1) катушки при полностью введенном сердечнике к индуктивности (L_2) катушки без сердечника:



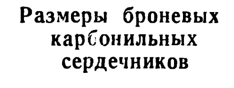
Каркас эталонной катушки.

$$\mu_д = \frac{L_1}{L_2}.$$

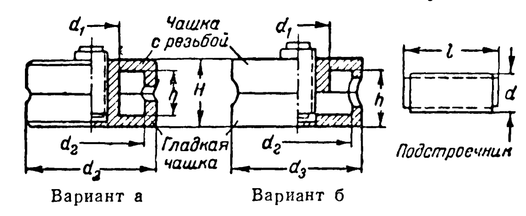
Добротность Q измеряется при полностью введенном сердечнике. Приведенные значения $\mu_д$ и Q — условные и соответствуют измерениям с катушками определенной конфигурации, принятыми за эталон. В качестве такого эталона применены трехсекционные катушки с многослойной обмоткой из провода ЛЭШО 7×0,7 на длинных и средних

и из провода ПЭ на коротких волнах. Внутренний диаметр каркаса на 0,2 *мм* больше диаметра соответствующего сердечника, толщина стенок составляет 0,75 *мм*.

Броневые сердечники типа СБ выполняются в двух вариантах: а — с замкнутой и б — с разомкнутой магнитной цепью. Сердечник состоит из чашки с резьбой, гладкой чашки и подстроечника.



Размеры броневых карбонильных сердечников



Тип сердечника	Размеры чашек, *мм*					Размеры подстроечника, *мм*	
	d_1	d_2	d_3	h	H	l	d
СБ-1	6	10	12,3	8,2	10,6	11,5	4
СБ-2	10	18,5	23	6,2	11	13	7
СБ-3	11	18	23	12	17	19	7
СБ-4	13	22	28	17	23	25	8
СБ-5	13,5	27	34	20,4	28	30	8

Основные данные броневых карбонильных сердечников

Тип сердечника	Среднее значение $\mu_д$		Среднее значение Q		Пределы настройки, %
	класс А	класс Б	класс А	класс Б	
СБ-1а	4,5	—	135	—	22
СБ-2а	3,7	—	225	—	20
СБ-3а	4,6	6,5	240	135	20
СБ-4а	4,7	5,6	210	185	20
СБ-5а	4,5	5	235	180	20
СБ-1б	3	—	95	—	35
СБ-2б	2,7	—	190	—	30

Класс А рассчитан на диапазон 200 ÷ 2 000 *кгц*, а класс Б — на диапазон 50 ÷ 200 *кгц*.

4-4. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КАТУШКИ

Типовых высокочастотных катушек для радиовещательных приемников промышленность не выпускает; для разных приемников изготовляются катушки разной конструкции.

Для самодельных приемников могут быть изготовлены катушки простой конструкции, данные которых приводятся ниже.

Эти катушки рассчитаны для приемника со стандартными диапазонами длинных и средних волн и с тремя полурастянутыми диапазонами коротких волн.

Данные высокочастотных катушек

Диапазон	Наименование катушки	Вид намотки	Диаметр каркаса, *мм*	Ширина намотки, *мм*	Число витков	Провод	Индуктивность без сердечника, *мкгн*
Короткие волны 1 12,1÷9,45 *мггц* (24,8÷31,7 *м*)	Антенная	Однослойная	15	2	4	ПШД 0,2	0,8
	Входного контура	То же	15	11	9	ПЭЛ-1 0,8	1,4
	Гетеродина	„ „	15	11	10 (отвод от 8,5)	ПЭЛ-1 0,8	1,5
Короткие волны 2 7,4÷6 *мггц* (40,5÷50 *м*)	Антенная	„ „	15	2	7	ПШД 0,2	1,7
	Входного контура	„ „	15	10	12	ПЭЛ-1 0,4	2,7
	Гетеродина	„ „	15	8	13,5 (отвод от 11,5)	ПЭЛ-1 0,4	2,8
Короткие волны 3 5,75÷3,95 *мггц* (52,2÷75,9 *м*)	Антенная	„ „	15	2	6	ПШД 0,2	1,5
	Входного контура	„ „	15	15	23	ПЭЛ-1 0,4	6
	Гетеродина	„ „	15	14	20 (отвод от 17,5)	ПЭЛ-1 0,4	4,9
Средние волны 1 600÷520 *кгц* (187,5÷577 *м*)	Антенная	Многослойная внавал	10,5	2	250	ПЭЛ-1 0,1	1 100
	Входного контура	То же	10,5	10	4×34	ЛЭШО 7×0,07	150
	Гетеродина	„ „	8,4	4,5	2×39 (отвод от 71)	ПЭЛ-1 0,1	58
Длинные волны 415÷150 *кгц* (723÷2 000 *м*)	Антенная	„ „	10,5	7	4×235	ПЭЛ-1 0,1	9 300
	Входного контура	„ „	10,5	10	4×126	ПЭЛ-1 0,1	1 600
	Гетеродина	„ „	8,4	7	3×53 (отвод от 147)	ПЭЛ-1 0,1	180
Промежуточная частота 465 *кгц*	Антенного фильтра	„Универсаль"	8,4	10	4×57	ЛЭШО 7×0,07	330
	Трансформатора промежуточной частоты	То же	10	10	304	ЛЭШО 7×0,07	640

Катушки коротких волн наматываются в один слой на цилиндрических каркасах.

Катушки длинных и средних волн наматываются внавал на секционированных каркасах. Добротность таких катушек на длинных и средних волнах получается более 100

Все контурные катушки подстраиваются цилиндрическими сердечниками из карбонильного железа диаметром 7 и длиной 19 *мм*

Радиочастотные контуры настраиваются конденсатором, емкость которого изменяется в пределах от 17 до 500 *пф*.

Расстояние между намотанными на общих каркасах антенными катушками и соответствующими катушками входных контуров составляет 3,5—5 *мм*.

Конденсаторы в контурах промежуточной частоты имеют емкость 120 *пф*, а конденсатор антенного фильтра — 220 *пф*.

Расстояние между катушками в трансформаторах промежуточной частоты — 10 *мм*.

Сердечник
Каркас

Вид катушки для длинноволнового или средневолнового диапазонов.

Рекомендуемые схемы радиочастотных контуров
(с катушками по таблице на стр. 90)

Диапазон	Входной контур	Гетеродинный контур
Длинные волны	15	220, 56
Средние волны		550, 15
Короткие волны-3	56, 240	200, 62
Короткие волны-2	56, 240, 91	200, 27, 110
Короткие волны-1	33, 240, 91	200, 110

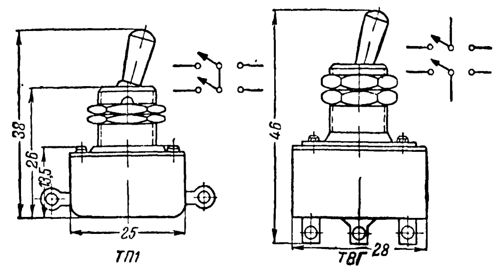
4-5. ВЫХОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор от приемника	Рассчитан под лампу	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, *см*²	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
АРЗ-51, АРЗ-52 . .	6П6С	3,25	2,56	2 500	0,1	61	0,51
„Балтика"	6П6С	2,4	—	2 150	0,15	58	0,8
„Балтика-52" . . .	6П3С	1,6	—	2 150	0,15	45	0,8
„Беларусь" . . .	2Х6П3С	11	—	2Х1 525	0,14	105	0,72
„Восток-49" . .	6П6С	3,2	3,6	2 800	0,12	79	0,64
ВЭФ М-557	6Ф6С	2	—	3 200	0,13	66	0,7
ВЭФ М-697	6П6С	2,4	—	2 150	0,15	58	0,8
„Искра"	2П1П	3,25	2,5	3 500	0,1	80	0,51
„Латвия"	2Х6П3С	8	—	2Х1 100	0,17	58+57+ +100	0,7 и 0,17
„Ленинград" . . .	2Х6Ф6С	—	—	2Х1 850	0,12	85+7+ +308	0,8 и 0,21
„Ленинградец" .	30П1С	3,8	—	1 225+125	0,12	45	0,69
„Минск"	6П6С	—	—	3 000	0,12	70	0,8
„Мир"	2Х6П3С	8,75	—	2Х1 000	0,18	490+42	1,25
„Москвич"	30П1С	3,8	2,88	2 500	0,12	55	0,69
„Москвич-В", „Кама"	6П6С	3,25	2,56	2 850+150	0,1	60	0,64
„Нева-51", „Нева-52" . . .	6П3С	3,4	6,4	2Х1 300	0,23	80	1
„Пионер"	6Ф6С	3	—	3 500	0,14	78	0,8
„Рекорд-47", АРЗ-49 . . .	30П1С	3,25	2,56	2 000+200	0,12	87	0,59
„Рекорд-52" . . .	6П6С	3,25	2,56	2 600+200	0,12	66	0,51
„Рига Б-912" . . .	2П1П	2,8	3,5	2 360	0,12	28	0,6
„Рига-6"	6П6С	2,65	3,8	2 800	0,15	70	0,64
„Рига-10"	2Х6П6С	12	6	2Х1 200	0,15	96+96	0,44
„Рига Т-689" . . .	6П3С	12	—	2 500	0,18	95+105	0,4
„Родина", „Родина-47" (Электросигнал-3)	2Х2Ж2М	3	3,2	2Х3 000	0,1	33	0,8
„Родина-47" (вып. 1950 г.)	2Х2Ж2М	3	3,2	2Х3 000	0,1	50	0,64
„Родина-52" . . .	2Х2П1П	3	2,16	2Х1 750	0,1	50 и 1 200	0,64 и 0,1
„Салют"	6Ф6С	3	5	4 000	0,13	86	0,6
„Таллин Б-2" . .	2П1П		3,5	4 800	0,15	83	0,8
„Тула"	2П1П	4	—	2 500	0,09	60	0,55
„Урал-47"	6Ф6С	3	4	2 700	0,15	63	0,69
„Урал-49"	6П6С	3,8	4	2 043+570+85	0,15	73	0,8
„Урал-52"	6П3С	3,4	—	2 045+655	0,15	73	0,8
„Электросигнал-2" . . .	6П3С	3	—	1 360+840	0,13	56	0,9
VV-663	6П6С	2,5	3,9	2Х1 625	0,2	80 и 160	0,8 и 0,2
6Н-25	2Х6Ф6С	1,7	5	2Х2 000	0,13	32	0,5

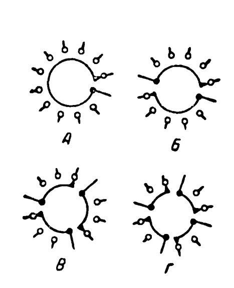
4-6. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Выключатели мгновенного действия (тумблеры) предназначены для быстрых включений и переключений в цепях постоянного и переменного тока промышленной и низкой частоты.

Изготовляются в двух вариантах: для однополюсного (разрывная мощность 220 *вт*) и для двухполюсного (разрывная мощность 110 *вт*) включения



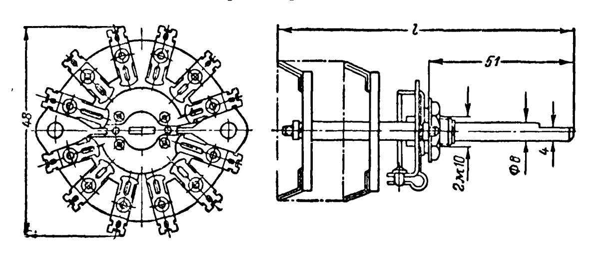
Чертежи и схемы выключателей ТП1 (однополюсный) и ТВГ (двухполюсный).



Схемы переключений. *А* — один полюс на 11 направлений; *Б* — два полюса на пять направлений; *В* — три полюса на три направления; *Г* — четыре полюса на два направления.

Переключатели диапазонов изготовляются двух разновидностей: на платах из керамики и на платах из гетинакса. Как те, так и другие выполняются с несколькими вариантами переключений.

Размеры переключателей



Материал платы	Число плат	Расстояние между платами, *мм*	Длина (с осью), *мм*	Материал платы	Число плат	Расстояние между платами, *мм*	Длина (с осью), *мм*
Керамика	2	12,5	97	Гетинакс	2	20	100
	3	12,5	115		3	20	120
	3	20	130		4	12,5	120
	4	12,5	135		4	20	145

ЛИТЕРАТУРА

Гинзбург З. Б., Сопротивления и конденсаторы в радиосхемах, Госэнергоиздат, 1953, 88 с.

Михайлов Р., Керамические конденсаторы постоянной емкости, „Радио", 1952, № 12, 52 с.

Кризе С. Н. Выходные трансформаторы, Госэнергоиздат, 1953, 32 с.

Подъяпольский А. Н., Как намотать трансформатор, Госэнергоиздат, 1953, 24 с.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЕ ЛАМПЫ

5-1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛАМП

Условные обозначения современных отечественных усилительных ламп и кенотронов состоят из четырех элементов.

Первый элемент обозначения — число, указывающее напряжение накала в вольтах (округленно).

Второй элемент обозначения — буква, характеризующая тип лампы:

Тип лампы	Буква
Диоды	Д
Двойные диоды	Х
Триоды	С
Двойные триоды	Н
Триоды с одним или двумя диодами	Г
Пентоды экранированные с удлиненной характеристикой	К
Пентоды экранированные с короткой характеристикой	Ж
Частотопреобразовательные лампы с двумя управляющими сетками	А
Выходные пентоды и лучевые тетроды	П
Пентоды с одним или двумя диодами	Б
Индикаторы настройки	Е
Кенотроны	Ц

Третий элемент обозначения — число, указывающее порядковый номер типа лампы

Четвертый элемент обозначения — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы.

Оформление	Обозначение
Лампа с металлическим баллоном	без обозначения
Лампа со стеклянным баллоном	С
Лампа пальчиковая	П
Сверхминиатюрная лампа диаметром 10 *мм*	Б
То же, диаметром 6 *мм*	А
Лампа типа „жолудь"	Ж

Для некоторых ламп старых выпусков сохранены прежние наименования.

Условные обозначения газонаполненных стабилизаторов напряжения также состоят из четырех элементов.

Первый элемент — буквы СГ.

Второй элемент — тире (—).

Третий и четвертый элементы имеют такое же значение, как в обозначениях приемно-усилительных ламп.

Условные обозначения стабилизаторов тока состоят из трех элементов.

Первый элемент — число, указывающее ток стабилизации в амперах.

Второй элемент — буква Б.

Третий элемент — два числа, разделенные тире (—) и указывающие напряжение начала и конца стабилизации в вольтах.

5-2. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЛАМП

Обозначение по ГОСТ 5461-50	Прежнее обозначение
Диоды	
6Д4Ж	9004
6Д6А	6Д1А
Двойные диоды	
6Х2П	6Х2П
6Х6С	6Х6М
Триоды	
2С4С	2А3
6С1Ж	955
6С1П	9002
6С2С	6J5
6С4С	6В4
6С5	6С5
6С6Б	6С1Б
6С7Б	6С2Б
—	УБ-240
—	УО-186
Двойные триоды	
1Н3С	1Н1
6Н1П	6Н1П
6Н2П	6Н2П
6Н3П	—
6Н5С	6Н11
6Н7С	6Н7С
6Н8С	6Н8М
6Н9С	6Н9М
6Н15П	6Н15,6J6
—	СО-243

Обозначение по ГОСТ 5461-50	Прежнее обозначение
Двойные диод-триоды	
6Г1	6SR7
6Г2	6SQ7
6Г7	6Г7
12Г1	12SR7
12Г2	12SQ7
Лучевые тетроды	
2П1П	2П1П
6П1П	6П1П
6П3С	6П3
6П6С	6V6
6П7С	6П7
—	2П9М
—	30П1С
Пентоды	
1К1П	1К1П
1П2Б	1П2Б
4Ж5С	4Ж5С
6Ж1Б	6Ж1Б
6Ж1Ж	954
6Ж1П	6АК5
6Ж2Б	—
6Ж2П	—
6Ж3	6SH7
6Ж3П	6АЖ5
6Ж4	6АС7
6Ж6С	Z-62D

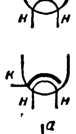
Обозначение по ГОСТ 5461-50	Прежнее обозначение
6Ж7	6Ж7
6Ж8	6SJ7
6К1Ж	950
6К1П	Л-104
6К3	6SK7
6К4	6SG7
6К4П	6К2П
6К7	6К7
6К9С	6К9М
6П9	6АГ7
12Ж8	12SJ7
12К3	12SK7
12К4	12SG7
—	06П2Б
—	2Ж2М
—	2К2М
—	4Ф6С
—	6Ф6С
—	СО-244
—	СО-258
Диод-пентоды	
1Б1П	1Б1П
Двойные диод-пентоды	
6Б2П	Л-100
6Б8С	СБ8М

Обозначение по ГОСТ 5461-50	Прежнее обозначение
Гептоды	
1А1П	1А1П
6А2П	Л-99
6А7	6SA7
6А8	6А8
6А10С	6А10
—	6Л7
—	СО-242
Индикаторы настройки	
6Е5С	6Е5
Кенотроны	
1Ц1С	1Ц1
1Ц7С	1ВД2
2Ц2С	2Х2/879
5Ц3С	5V4G
5Ц4С	5Ц4С
6Ц4П	6Х4П
6Ц5С	6Х5С
30Ц6С	30Ц6С
—	30Ц1М
Стабилизаторы напряжения	
СГ-1П	СГ-1П
СГ-2С	75С5-30
СГ-3С	105С5-30
СГ-4С	150С5-30

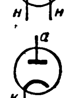
5-3. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЛАМП

Катод прямого накала
н—нить накала.

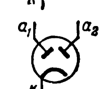
Подогревный катод
к—катод.



Диод или одноанодный кенотрон
а—анод.



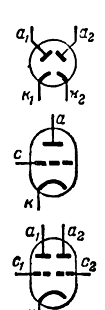
Двойной диод или двуханодный кенотрон
a_1—первый анод; a_2—второй анод.

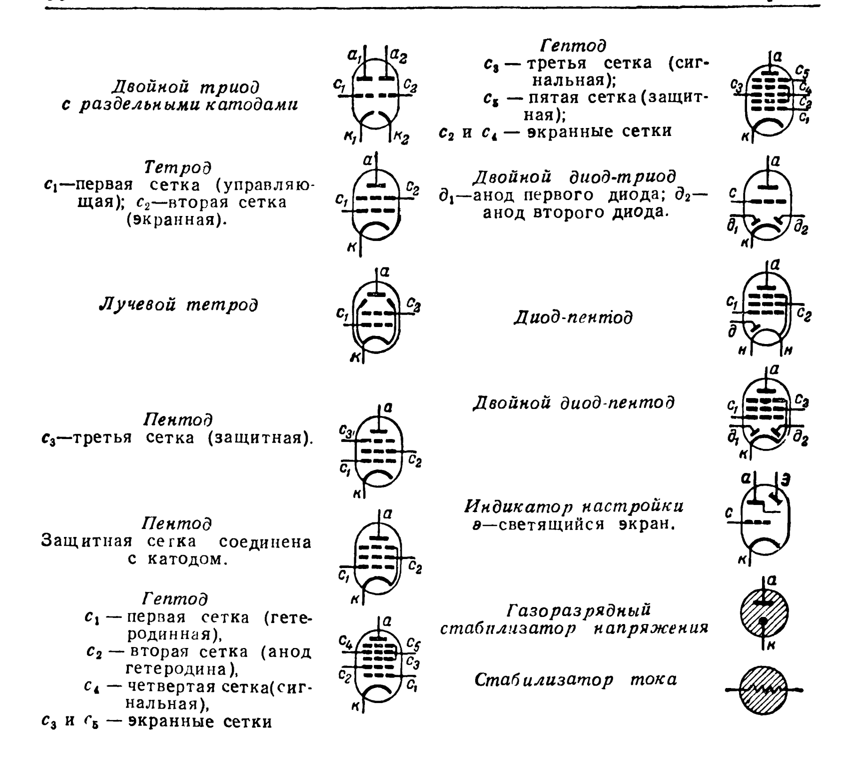


Двойной диод или двуханодный кенотрон с раздельными катодами
$к_1$—первый катод; $к_2$—второй катод.

Триод
с—сетка.

Двойной триод
c_1—первая сетка; c_2—вторая сетка.





5-4. КОНСТРУКЦИИ ЛАМП

Обычные лампы содержат одну ламповую систему в баллоне (диод, триод, пентод и т. д.).

Двойные лампы содержат две одинаковых ламповых системы в баллоне (двуханодный кенотрон, двойной диод, двойной триод и т. п.).

Комбинированные лампы содержат в одном баллоне несколько различных ламповых систем, имеющих обычно общий катод (диод-триод, двойной диод-триод, диод-пентод и т. п.).

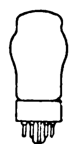
Лампы прямого накала — лампы, у которых нить накала является одновременно источником электронов — катодом.

Лампы косвенного накала (подогревные) — лампы, у которых катод, излучающий электроны, отделен от нити накала изолирующим слоем. Нить накала выполняет только роль подогревателя катода. Поверхность катода покрыта специальным составом, содержащим окислы (оксиды) бария, кальция и стронция. Благодаря этому катод способен давать большую электронную эмиссию при относительно невысокой температуре (600—700° С) и, следовательно, при малой затрате мощности на его разогрев. Перекал катода, т. е. работа при повышенном напряжении накала, приводит к постепенной потере эмиссии и к сокращению срока службы лампы, а недокал, т. е. работа

при пониженном напряжении накала, опасен в случае, если одновременно поддерживается высокое анодное напряжение, так как это приводит к ускоренному разрушению активного слоя на поверхности катода.

Металлические лампы — баллон металлический, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый, с направляющим ключом в центре.

Стеклянные лампы—баллон стеклянный, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый, с направляющим ключом в центре



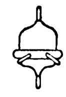
Пальчиковые лампы — цельностеклянные, выводные штырьки укреплены непосредственно в стеклянном дне лампы



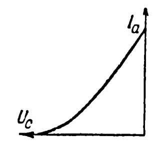
Сверхминиатюрные лампы — цельностеклянные со сплюснутым баллоном, выводы от электродов выполнены в виде мягких проводников, выходящих из стеклянной ножки лампы.



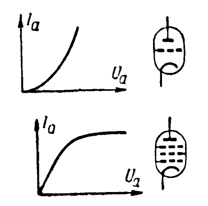
Лампы типа „жолудь" — цельностеклянные, выводы от электродов выполнены в виде жестких штырьков, выходящих наружу через утолщенный поясок, идущий вокруг баллона, а также через верхнюю и нижнюю части баллона



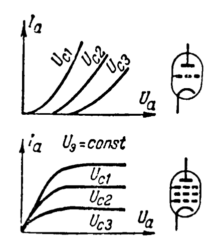
5-5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМП



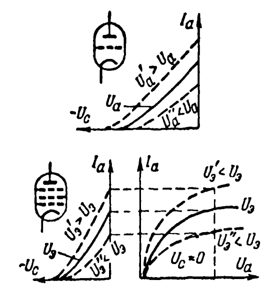
Анодно-сеточная характеристика показывает, как изменяется анодный ток лампы в зависимости от изменения напряжения на управляющей сетке, если напряжение на аноде и на остальных электродах поддерживается постоянным



Анодная характеристика выражает зависимость анодного тока лампы от напряжения на ее аноде, если напряжение на управляющей сетке (смещение) и на остальных электродах поддерживается постоянным Анодные характеристики пентодов и лучевых тетродов отличаются по форме от характеристик триодов.



Семейство анодных характеристик — несколько анодных характеристик лампы, отличающихся тем, что каждая из них снята при другом значении напряжения смещения на сетке. Семейство анодных характеристик позволяет произвести графически ряд расчетов для усилительного каскада (определить наивыгоднейшую величину сопротивления нагрузки, подсчитать усиление, выходную мощность, нелинейные искажения и т. д.).



Влияние анодного и экранного напряжений на положение характеристик. Положение анодно-сеточной характеристики у триода определяется анодным напряжением. Положение анодно-сеточных и анодных характеристик пентода и лучевого тетрода определяется главным образом экранным напряжением. Влияние анодного напряжения крайне незначительно.

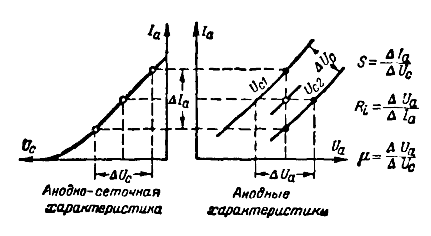
5-6. ПАРАМЕТРЫ ЛАМП

Крутизна характеристики S показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения управляющей сетки на один вольт при неизменном напряжении на аноде и на остальных сетках (у многоэлектродных ламп). Выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*). При наличии нагрузки в анодной цепи изменение анодного тока будет меньше, и действительная величина крутизны в таких условиях (динамическая крутизна) меньше S.

$S=\frac{\mu}{R_i}$	
$\frac{S\cdot R_i}{\mu}=1$	
$R_i=\frac{\mu}{S}$	$\mu=S\cdot R_i$
S=*ма/в*; R_i=*ком*	

Внутреннее сопротивление R_i показывает, на сколько вольт надо изменить напряжение на аноде лампы, чтобы ее анодный ток изменился на один миллиампер при неизменном напряжении на управляющей сетке и на остальных сетках (у многоэлектродных ламп). Выражается для приемно-усилительных ламп в килоомах и характеризует внутреннее сопротивление лампы как генератора переменного тока.

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз действие на анодный ток одного вольта сеточного напряжения эффективнее одного вольта анодного напряжения. Величина μ указывает предельное значение усиления по напряжению, которое могло бы быть получено при бесконечно большом сопротивлении нагрузки, когда внутренним сопротивлением лампы можно было бы пренебречь.



Определение параметров по характеристикам ламп.

Крутизна преобразования S_n — параметр, приводимый для частотопреобразовательных ламп и показывающий величину тока промежуточной частоты (в миллиамперах), который создается в анодной цепи лампы при подаче на ее управляющую сетку сигнала напряжением в один вольт.

5-7. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ЛАМП

Параметры и цифровые данные режимов работы ламп приводятся ниже вместе с изображением их цоколевки. В числителе указывается напряжение на данном электроде относительно катода в вольтах, в знаменателе — ток в амперах или миллиамперах. Для ламп, требующих автоматического смещения, у вывода катода указывается величина сопротивления в катоде. У двойных триодов значения параметров приводятся для одного триода.

Нумерация штырьков (внешних выводов) соответствует виду на цоколь лампы снизу.

Все лампы расположены в порядке нумерации их условных наименований.

Сокращения и условные обозначения

в. ч. — высокая частота;

у. в. ч. — ультравысокая частота;

н. ч. — низкая частота;

S — крутизна характеристики, *ма/в*;

S_n — крутизна преобразования, *ма/в*;

$S_г$ — крутизна гетеродинной части лампы, *ма/в*;

R_i — внутреннее сопротивление, *ком*;

μ — коэффициент усиления;

R_a — сопротивление нагрузки;

P_a — максимально допустимая мощность, рассеиваемая на аноде, *вт*;

$P_{вых}$ — полезная мощность (получающаяся при допустимой величине коэффициента нелинейных искажений), *вт*;

$C_{а\text{-}к}$ — емкость анод-катод у диодов, *пф*;

$C_{вх}$ — входная емкость (сетка-катод у триодов и сетка-катод и экран у экранированных ламп), *пф*;

$C_{вых}$ — выходная емкость (анод-катод у триодов и анод-катод и экран у экранированных ламп), *пф*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (управляющая сетка-анод), *пф*;

$U_{обр}$ — наибольшая амплитуда обратного напряжения между анодом и катодом, *в*;

I_m — наибольший импульс выпрямленного тока (на один анод), *ма*;

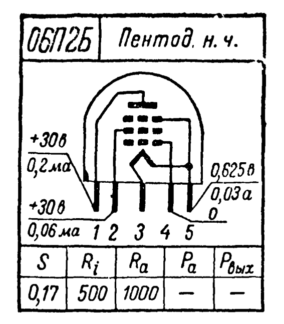
$I_в$ — выпрямленный ток, *ма*;

$U_з$ — напряжение зажигания, *в*;

$U_{ст}$ — напряжение стабилизации (у стабилизаторов тока начало и конец стабилизации), *в*;

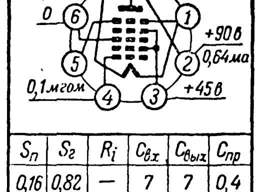
$I_{ст}$ — ток стабилизации, *ма*;

06П2Б — Пентод н. ч.



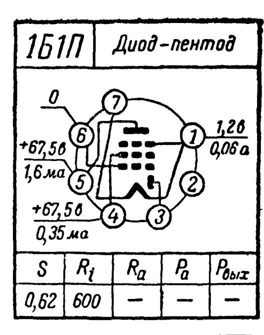
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,17	500	1000	—	—

1А1П — Гептод преобразователь



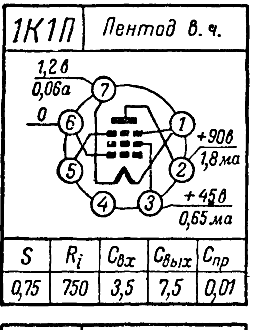
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,16	0,82	—	7	7	0,4

1Б1П — Диод-пентод



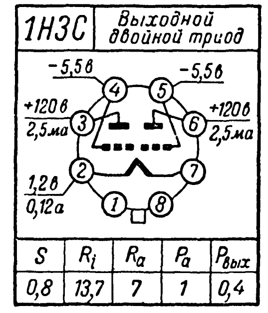
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,62	600	—	—	—

1К1П — Пентод в. ч.



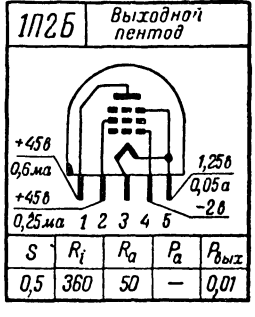
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,75	750	3,5	7,5	0,01

1Н3С — Выходной двойной триод



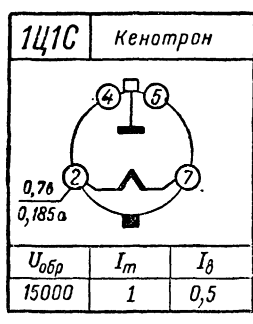
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,8	13,7	7	1	0,4

1П2Б — Выходной пентод



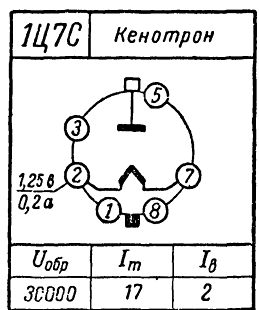
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,5	360	50	—	0,01

1Ц1С — Кенотрон



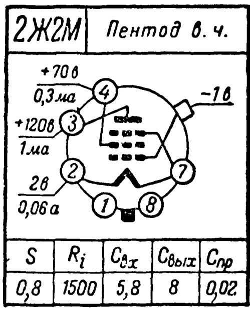
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
15000	1	0,5

1Ц7С — Кенотрон



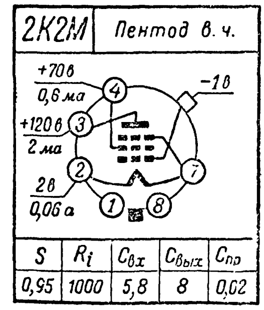
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
30000	17	2

2Ж2М — Пентод в. ч.



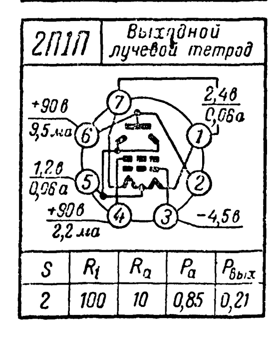
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,8	1500	5,8	8	0,02

2К2М — Пентод в. ч.



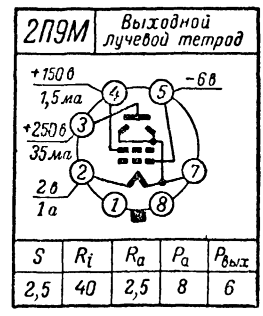
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,95	1000	5,8	8	0,02

2П1П — Выходной лучевой тетрод

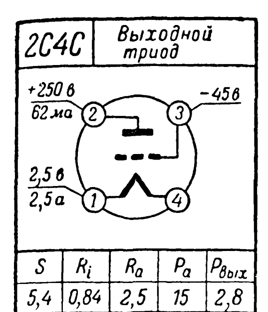


S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2	100	10	0,85	0,21

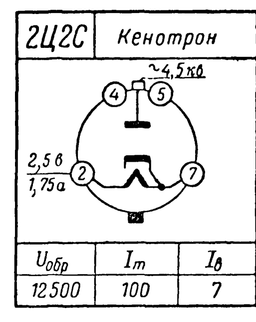
2П9М — Выходной лучевой тетрод



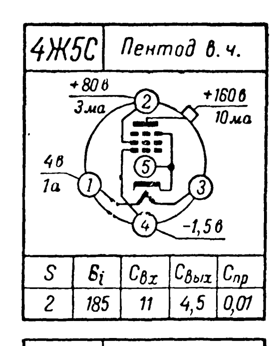
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	40	2,5	8	6



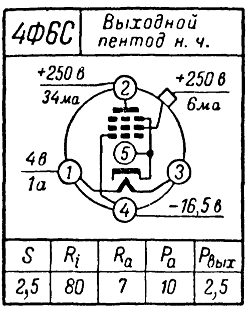
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,4	0,84	2,5	15	2,8



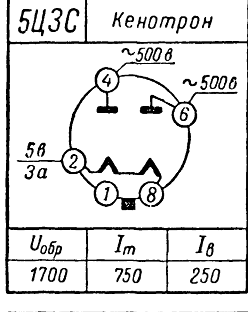
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
12 500	100	7



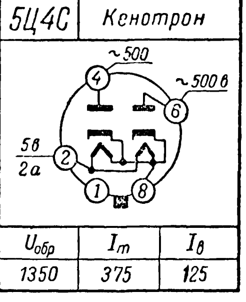
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	185	11	4,5	0,01



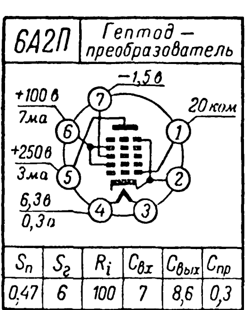
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	80	7	10	2,5



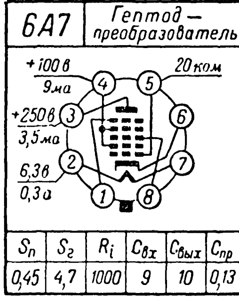
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1700	750	250



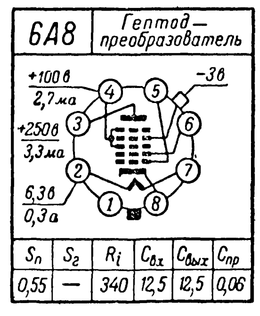
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1350	375	125



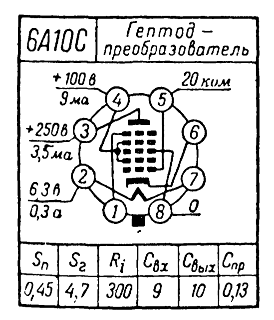
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,47	6	100	7	8,6	0,3



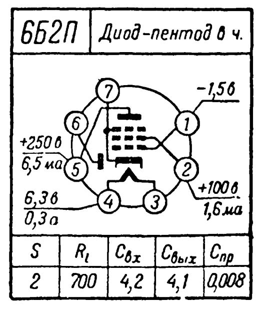
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,45	4,7	1000	9	10	0,13



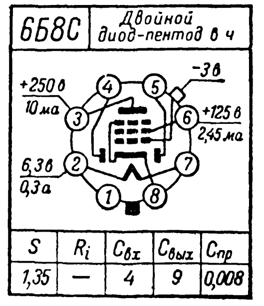
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,55	—	340	12,5	12,5	0,06



$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,45	4,7	300	9	10	0,13

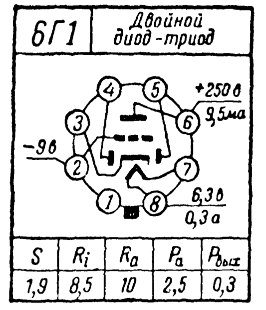


S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	700	4,2	4,1	0,008



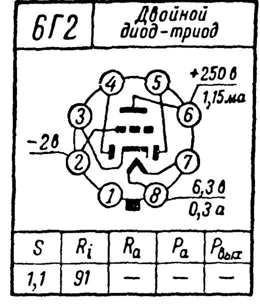
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,35	—	4	9	0,008

6Г1 — Двойной диод-триод



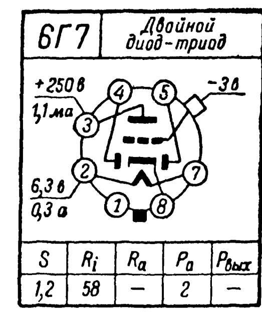
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,9	8,5	10	2,5	0,3

6Г2 — Двойной диод-триод



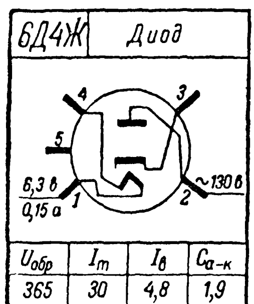
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,1	91	—	—	—

6Г7 — Двойной диод-триод



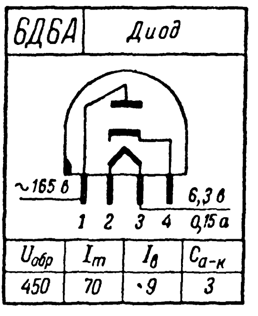
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,2	58	—	2	—

6Д4Ж — Диод



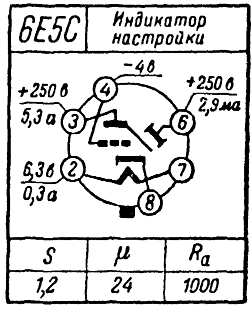
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
365	30	4,8	1,9

6Д6А — Диод



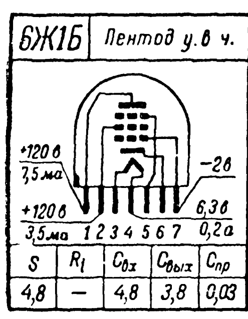
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
450	70	9	3

6Е5С — Индикатор настройки



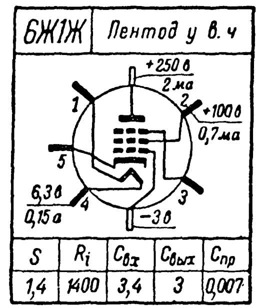
S	μ	R_a
1,2	24	1000

6Ж1Б — Пентод у. в. ч.



S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,8	—	4,8	3,8	0,03

6Ж1Ж — Пентод у. в. ч.

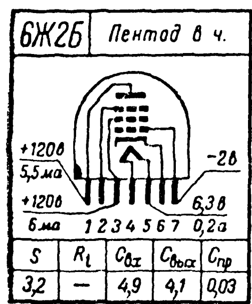


S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,4	1400	3,4	3	0,007

6Ж1П — Пентод у. в. ч.

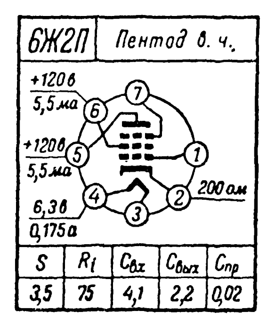
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5,2	300	4	2,1	0,02

6Ж2Б — Пентод в. ч.



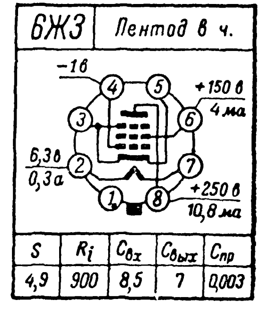
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
3,2	—	4,9	4,1	0,03

6Ж2П — Пентод в. ч.

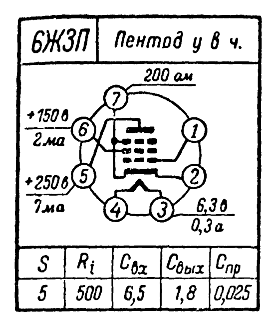


S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
3,5	75	4,1	2,2	0,02

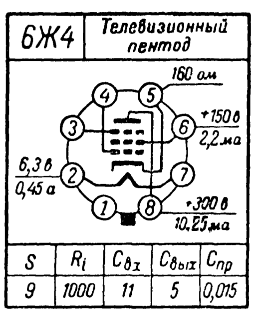
6Ж3 — Пентод в. ч.



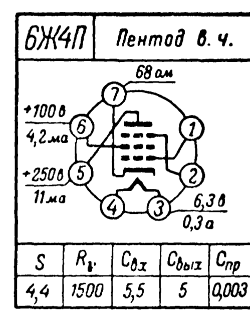
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,9	900	8,5	7	0,003



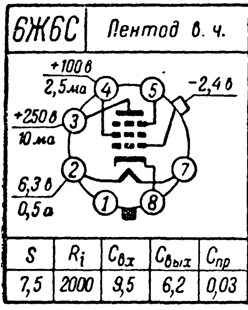
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5	500	6,5	1,8	0,025



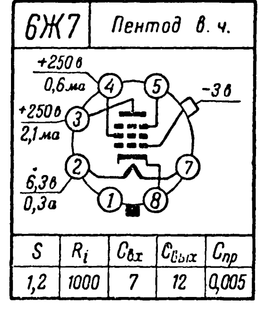
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
9	1000	11	5	0,015



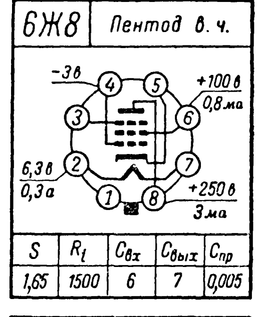
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,4	1500	5,5	5	0,003



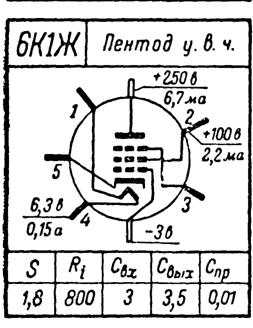
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
7,5	2000	9,5	6,2	0,03



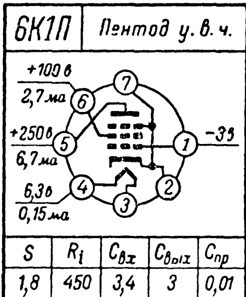
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,2	1000	7	12	0,005



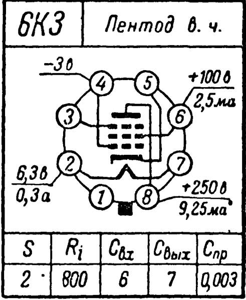
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,65	1500	6	7	0,005



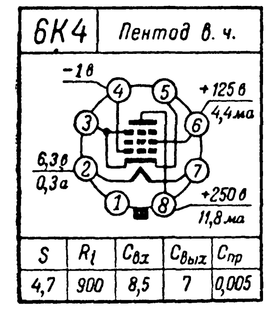
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,8	800	3	3,5	0,01



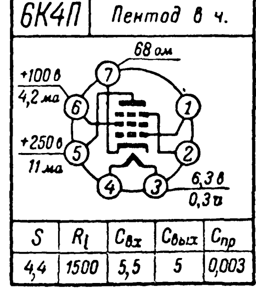
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,8	450	3,4	3	0,01



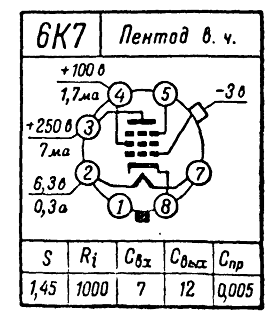
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	800	6	7	0,003



S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,7	900	8,5	7	0,005

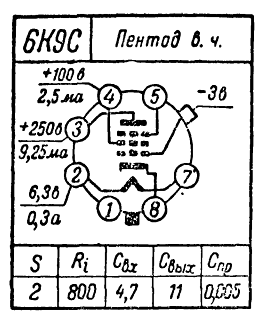


S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,4	1500	5,5	5	0,003



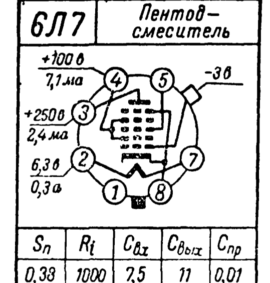
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,45	1000	7	12	0,005

6К9С — Пентод в. ч.



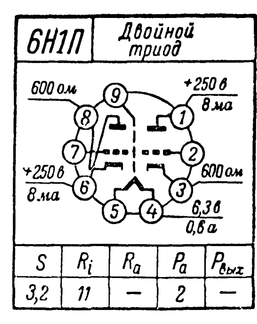
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	800	4,7	11	0,005

6Л7 — Пентод-смеситель



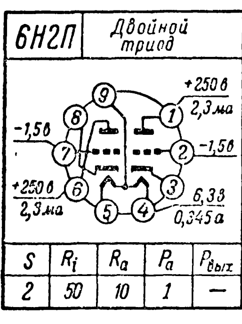
$S_п$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,38	1000	7,5	11	0,01

6Н1П — Двойной триод



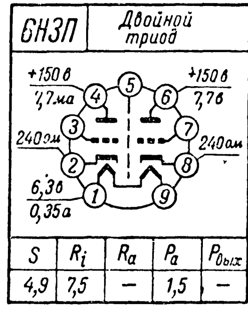
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3,2	11	—	2	—

6Н2П — Двойной триод



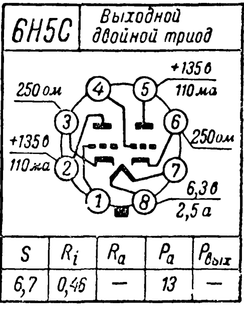
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2	50	10	1	—

6Н3П — Двойной триод



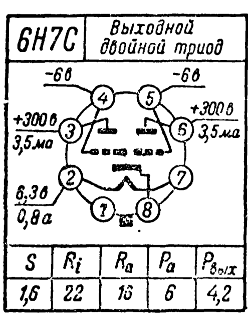
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,9	7,5	—	1,5	—

6Н5С — Выходной двойной триод



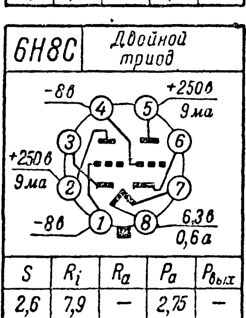
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6,7	0,46	—	13	—

6Н7С — Выходной двойной триод



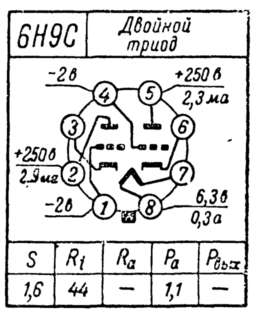
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,6	22	16	6	4,2

6Н8С — Двойной триод



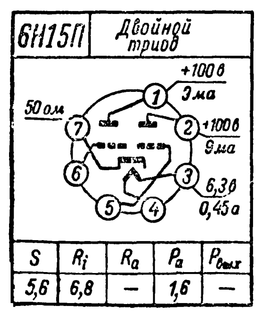
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,6	7,9	—	2,75	—

6Н9С — Двойной триод



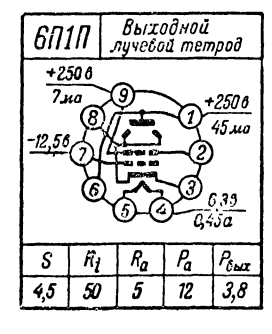
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,6	44	—	1,1	—

6Н15П — Двойной триод



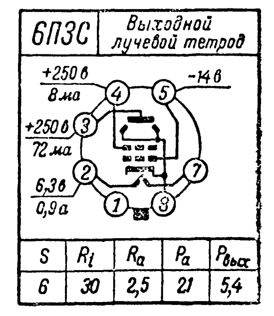
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,6	6,8	—	1,6	—

6П1П — Выходной лучевой тетрод

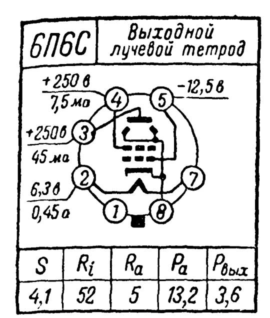


S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,5	50	5	12	3,8

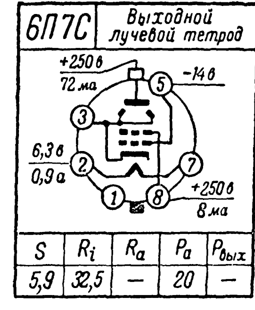
6П3С — Выходной лучевой тетрод



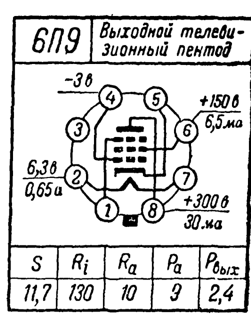
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6	30	2,5	21	5,4



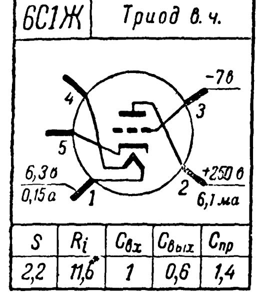
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,1	52	5	13,2	3,6



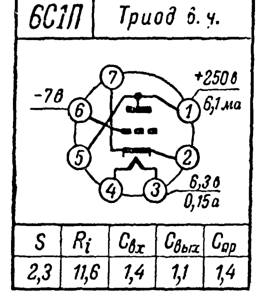
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,9	32,5	—	20	—



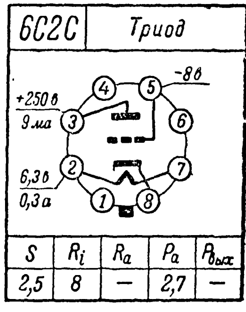
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11,7	130	10	9	2,4



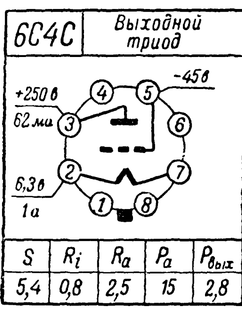
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,2	11,6	1	0,6	1,4



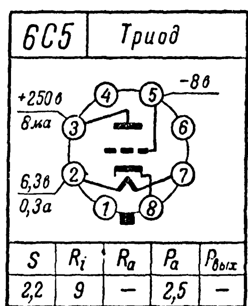
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	C_{ap}
2,3	11,6	1,4	1,1	1,4



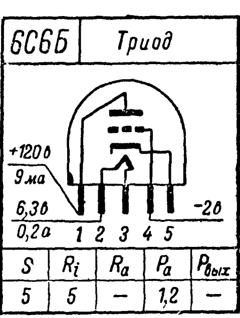
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	8	—	2,7	—



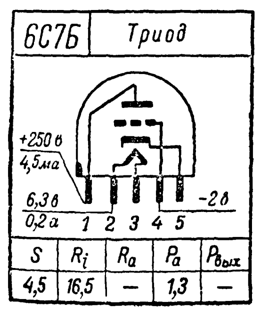
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,4	0,8	2,5	15	2,8



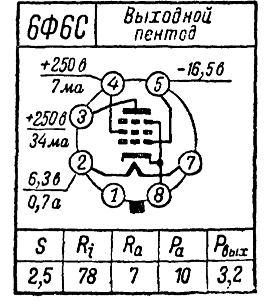
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,2	9	—	2,5	—



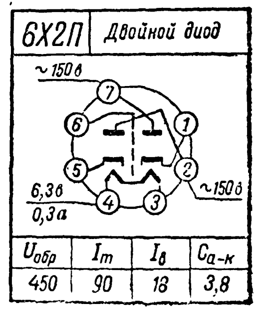
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5	5	—	1,2	—



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,5	16,5	—	1,3	—

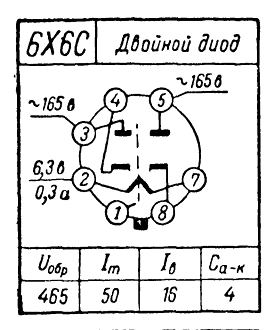


S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	78	7	10	3,2



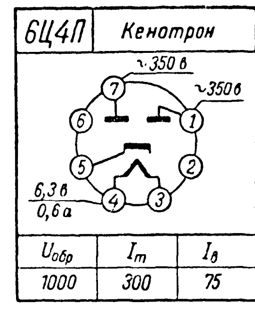
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
450	90	18	3,8

6Х6С — Двойной диод



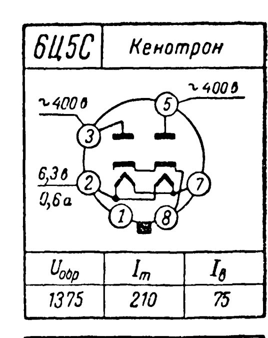
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
465	50	16	4

6Ц4П — Кенотрон



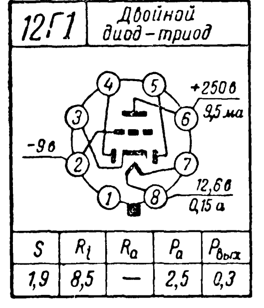
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1000	300	75

6Ц5С — Кенотрон



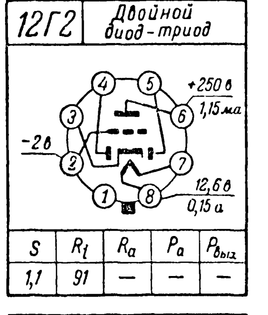
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1375	210	75

12Г1 — Двойной диод-триод



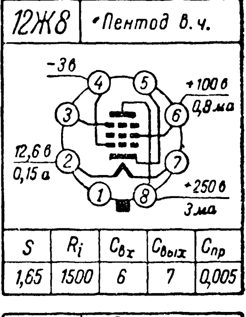
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,9	8,5	—	2,5	0,3

12Г2 — Двойной диод-триод



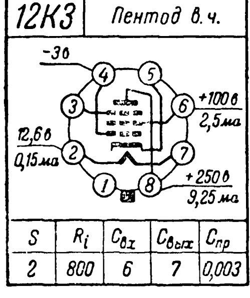
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,1	91	—	—	—

12Ж8 — Пентод в.ч.



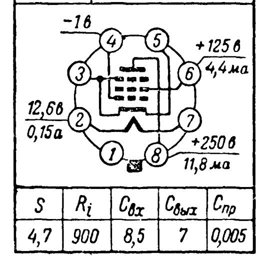
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,65	1500	6	7	0,005

12К3 — Пентод в.ч.



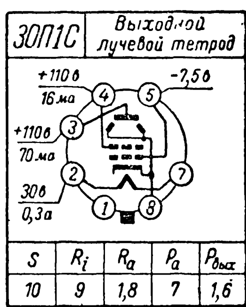
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	800	6	7	0,003

12К4 — Пентод в.ч.



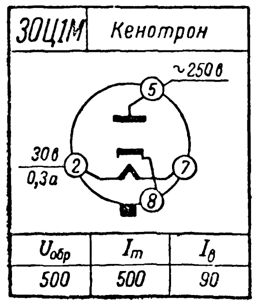
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,7	900	8,5	7	0,005

30П1С — Выходной лучевой тетрод



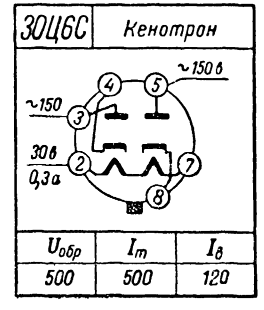
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
10	9	1,8	7	1,6

30Ц1М — Кенотрон



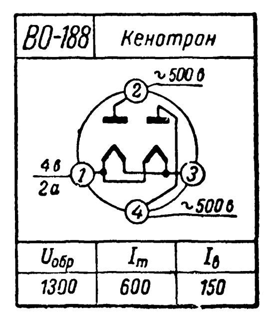
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
500	500	90

30Ц6С — Кенотрон

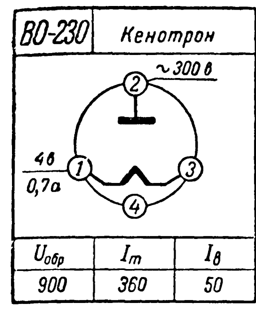


$U_{обр}$	I_m	$I_в$
500	500	120

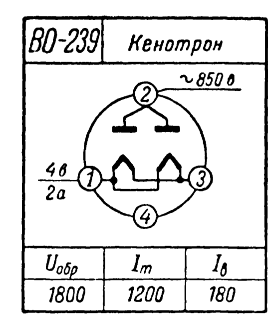
ВО-188 — Кенотрон



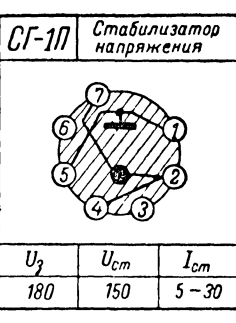
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1300	600	150



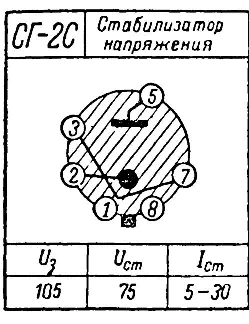
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
900	360	50



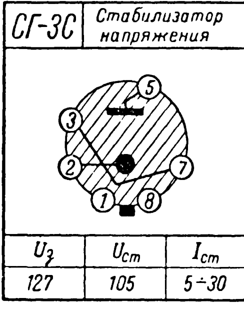
$U_{обр}$	I_m	$I_в$
1800	1200	180



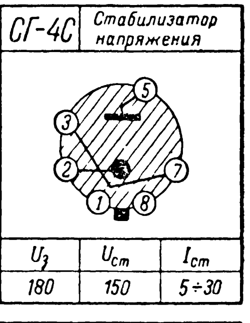
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
180	150	5 – 30



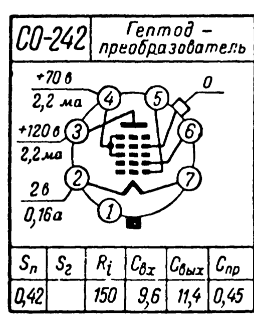
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
105	75	5 – 30



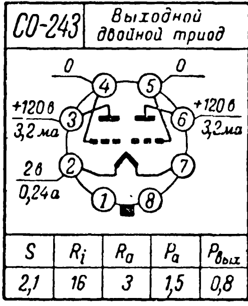
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
127	105	5 ÷ 30



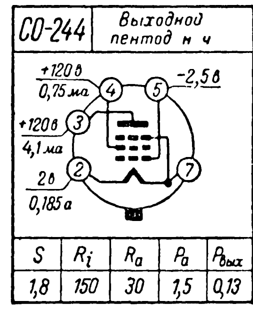
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
180	150	5 ÷ 30



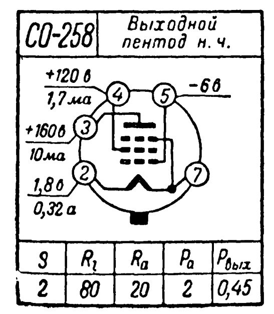
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,42		150	9,6	11,4	0,45



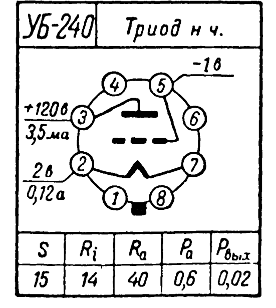
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,1	16	3	1,5	0,8



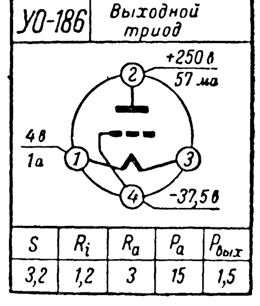
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
1,8	150	30	1,5	0,13



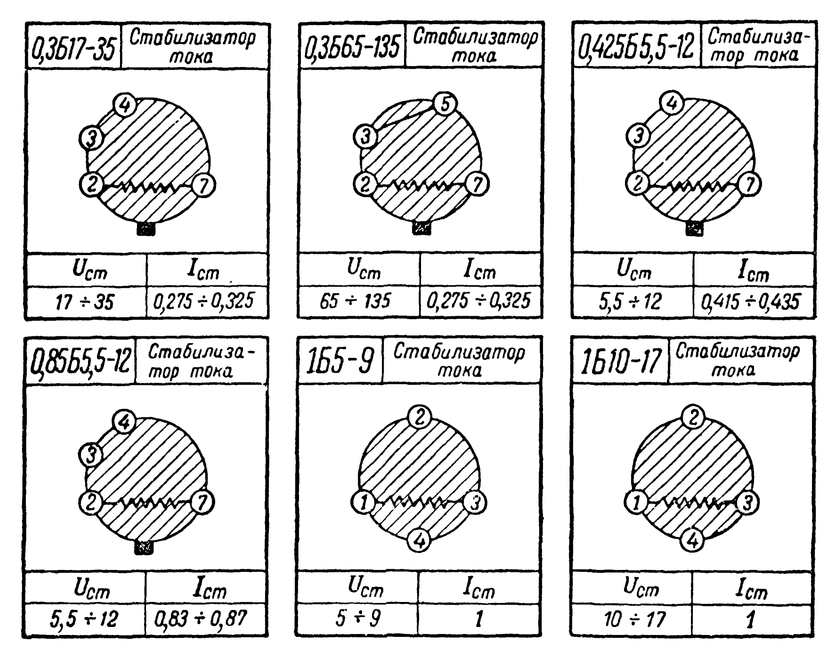
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2	80	20	2	0,45



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
15	14	40	0,6	0,02



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3,2	1,2	3	15	1,5



ЛИТЕРАТУРА

Левитин Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1954, 104 с.

Григорьев В. С. и Григорьев Б. С., Электронные и ионные приборы, Связьиздат, 1954, 420 с.

Левитин Е. А., Рабочие режимы ламп в приемниках, Госэнергоиздат, 1950, 48 с.

Абрамов Б., Лампы для радиовещательных и телевизионных приемников, Госэнергоиздат, 1954, 80 с.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

РАДИОПРИЕМНИКИ

6-1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫМ ПРИЕМНИКАМ

Требования к качественным показателям радиовещательных приемников, выпускаемых промышленностью, установлены Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ 5651-51).

В зависимости от электрических и акустических показателей приемники делятся на четыре класса. Приемники с наиболее высокими показателями относятся к первому классу, а наиболее простые приемники входят в четвертый класс. При этом приемники с питанием от осветительной сети могут выпускаться во всех четырех классах, а приемники с экономичным батарейным питанием выпускаются лишь в соответствии с требованиями 2, 3 и 4 классов. Некоторые показатели бата-

Основные требования стандарта

Параметр	Класс приемника						
	Сетевые				Батарейные		
	1	2	3	4	2	3	4
Способ питания	От сети переменного тока 127/220 *в* (допускается универсальное питание от сети переменного и постоянного тока)				От батарей или любого автономного источника		
Потребляемая мощность, не более *вт*	Не нормирована				1,9	1,3	0,8
Коэффициент гармоник, измеряемый по звуковому давлению, не более %:							
на частоте 50 *гц*	15	—	—	—	—	—	—
на частоте 80 *гц*	—	15	—	—	—	—	—
на частотах до 100 *гц*	12	—	—	—	—	—	—
на частотах 100 — 200 *гц*	7	10	—	—	10	—	—
на частотах 200 — 400 *гц*	7	7	12	—	7	12	—
на частотах свыше 400 *гц*	5	7	10	*	7	10	*
Номинальная выходная мощность при указанном выше коэффициенте гармоник, не менее *ва*	4	1,5	0,5	*	0,15	—	*
Среднее звуковое давление при указанной номинальной мощности в оговоренной ниже полосе частот и при выполнении норм потребляемой мощности питания, установленных для батарейных приемников, на расстоянии 1 *м* от приемника, не менее *бар*	20	10	4,5	3,5	3	3	2,5
То же при сниженной мощности питания	—	—	—	—	—	—	1,5
Диапазон принимаемых частот:	*						
150÷415 *кгц*		+	+	+	+	+	+
520÷1 600 *кгц*		+	+	+	+	+	+
3,95÷12,1 *мгц*		+	Не обязателен	—	+	Не обязателен	—
Растянутые или полурастянутые (49, 41, 31 и 25 *м*)		+	—	—	+	—	—
Только несколько фиксированных настроек на длинных и средних волнах				Допускаются			Допускаются

Параметр	Класс приемника						
	Сетевые				Батарейные		
	1	2	3	4	2	3	4
Промежуточная частота							
465±2 *кгц*	+	+	+	+	+	+	+
110÷115 *кгц*	—	—	Допускается		—	Допускается	
Чувствительность при 30% модуляции, при выходной мощности 0,1 от номинальной и при превышении сигнала над уровнем собственных шумов и фона не менее чем на 20 *дб*, не ниже *мкв*:							
на длинных и средних волнах	50	200	300	•	200	400	•
на коротких волнах	50	300	500	—	300	400	—
на фиксированных настройках	200	—	—	—	—	—	—
Чувствительность с гнезд звукоснимателя (при номинальной выходной мощности), не менее *в*	0,2	0,25	0,25	—	0,25	—	—
Ослабление приема при расстройке на ±10 *кгц* (в случае переменной полосы пропускания указанные цифры соответствуют узкой полосе), не менее *дб*	46	26	20	—	26	20	—
Ослабление приема по зеркальному каналу, не менее *дб*:							
на длинных волнах	60	36	26	•	36	26	•
на средних волнах	50	30	20	•	30	20	•
на коротких волнах	25	12	—	—	12	—	—
Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной, не менее *дб*	40	34	20	•	34	20	—
Частотная характеристика всего тракта приемника по звуковому давлению должна обеспечивать пропускание полосы частот при неравномерности не более 18 *дб* на длинных волнах и не более 14 *дб* на остальных поддиапазонах, не уже *гц*	50—6 500	100—4 000	150—3 500	200—3 000	100—4 000	150—3 500	200—3 000
Уход частоты гетеродина от самопрогрева за 15 мин. после 5-минутного прогрева, не более *кгц*:							
на частотах выше 15 *мггц*	4	—	—	—	—	—	—
на частотах 9 — 15 *мггц*	3	6	12	—	3	—	—
на частотах 6 — 9 *мггц*	2	4	8	—	2	—	—

Параметр	Класс приемника						
	Сетевые				Батарейные		
	1	2	3	4	2	3	4
Действие АРУ:							
изменение напряжения на входе, не менее *дб*	60	26	26	—	26	26	—
при изменении напряжения на выходе, не более *дб*	12	8	10	—	8	10	—
Изменение громкости под действием ручного регулятора, не менее *дб*	50	40	40	—	40	40	—
Уровень фона при установке регулятора громкости на максимум, не более (от номинальной мощности) *дб*	—46	—36	—26	—	—	—	—
Регулировка тембра:							
изменение уровня низших частот, *дб*	+4—6	—	—	—	—	—	—
изменение уровня высших частот, *дб*	±6	—6	—	—	—6	—	—
Индикатор включения	Обязателен электрический				Обязателен механический		
Индикатор настройки	Обязателен		—	—	—	—	—
Переменная полоса пропускания	Обязательна	Не обязательна	—	—	Не обязательна	—	—
Возможность включения внешнего громкоговорителя	Обязательна		—	—*	Не обязательна	—	—
Возможность включения громкоговорителя приемника в трансляционную сеть	—	—	—	—	Обязательна		
Число ламп, не более	Не ограничено	7	5	4	7	5	4

Обозначения:

— означает, что соответствующий параметр не нормирован или соответствующий поддиапазон или устройство в приемник не вводятся.

* означает, что соответствующий параметр оговаривается техническими условиями на тот или иной конкретный приемник.

+ означает наличие соответствующего диапазона или соответствующей промежуточной частоты.

рейных приемников отличаются от норм, установленных для сетевых приемников того же класса. Так, значение выходной мощности для батарейных приемников установлено значительно более низкое, чем для сетевых, что обусловлено соображениями экономичности питания. Вместе с тем меньший нагрев ламп и деталей батарейных приемников позволяет установить для них более жесткие нормы на стабильность частоты.

6-2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

1. *Выходное напряжение* — эффективное звуковое напряжение на громкоговорителе, *в*.

2. *Выходная мощность* — определяется в вольтамперах по формуле

$$P = \frac{U^2}{Z},$$

где U — выходное напряжение, *в*; Z — полное сопротивление громкоговорителя, *ом*; измеряется на частоте 400 *гц*.

3. *Номинальная выходная мощность* — максимальная мощность, которая может быть получена на выходе приемника при заданной величине нелинейных искажений.

4. *Номинальное выходное напряжение* — напряжение на громкоговорителе, соответствующее номинальной выходной мощности.

5. *Нормальная выходная мощность* — десятая часть (0,1) от номинальной выходной мощности.

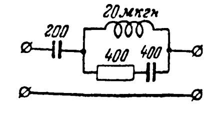
6. *Нормальное выходное напряжение* — напряжение на громкоговорителе, соответствующее нормальной выходной мощности. Равно $\sqrt{0{,}1} \approx 0{,}3$ от номинального выходного напряжения.

7. *Чувствительность с гнезд звукоснимателя* — величина звукового напряжения на гнездах звукоснимателя, при которой выходная мощность приемника равняется номинальной (при установке регулятора громкости на максимум).

Способ измерения. На гнезда звукоснимателя от звукового генератора подается напряжение с частотой 400 *гц*. Напряжение на громкоговорителе измеряется вольтметром звуковых частот. Регулятор громкости устанавливается на максимум. Подбирается такая величина напряжения на гнездах звукоснимателя, при которой на громкоговорителе напряжение равняется номинальному. Это напряжение на гнездах звукоснимателя и определяет величину чувствительности.

8. *Чувствительность с антенного входа* — величина несущей э. д. с. в цепи эквивалента антенны, которая при модуляции с коэффициентом $m = 0{,}3$ и с частотой 400 *гц* вызывает на выходе приемника напряжение, равное нормальному, при превышении сигнала над шумом не хуже заданного (обычно — 20 *дб*).

Способ измерения. Генератор стандартных сигналов соединяется с входом приемника через эквивалент антенны. Параллельно громкоговорителю присоединяется измеритель выходного напряжения. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливаются в положение, соответствующее наиболее узкой полосе пропускания.



Эквивалент антенны.

По шкале сигнал-генератора устанавливается частота, на которой производится измерение. При включенной внутренней модуляции сигнал-генератора приемник настраивается на эту частоту по измерителю выходного напряжения или по индикатору настройки.

Выключив модуляцию сигнал-генератора, устанавливают ручной регулятор громкости так, чтобы на выходе приемника напряжение шумов было в заданное число раз слабее нормального выходного напряжения (обычно на 20 *дб*, т. е. в 10 раз). Затем включают внутреннюю модуляцию сигнал-генератора (частота 400 *гц*) и устанавливают коэффициент модуляции $m=0,3$. Подбирают такую величину сигнала в цепи эквивалента антенны, при которой напряжение на выходе приемника равняется нормальному. Величину чувствительности прочитывают по шкале сигнал-генератора.

Такие измерения чувствительности производятся в трех точках каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов поддиапазона на 10—20% ширины поддиапазона.

9. *Ослабление приема по соседнему каналу (избирательность)* — величина, показывающая, во сколько раз ухудшается чувствительность приемника при расстройке на $\pm$ 10 *кгц*.

Способ измерения. Сначала, как изложено выше, измеряется чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнал-генератора. Затем, не меняя настройки приемника и установки регулятора громкости, изменяют частоту сигнал-генератора на 10 *кгц* и вновь подбирают такую величину сигнала в цепи эквивалента антенны, при которой выходное напряжение равняется нормальному, т. е. измеряют чувствительность при расстройке. Отношение чувствительности при расстройке к резонансной чувствительности дает величину ослабления приема по соседнему каналу.

10. *Полоса пропускания высокочастотной части приемника* — интервал частот, на границах которого чувствительность ухудшается в 2 раза по сравнению с резонансной.

Способ измерения. Сначала, как изложено выше, измеряют чувствительность приемника при настройке в резонанс на частоту сигнал-генератора. Затем, не меняя настройки приемника и установки регулятора громкости, изменяют частоту сигнал-генератора и вновь измеряют чувствительность. Подбирают такие частоты сигнал-генератора (по обе стороны от резонансной частоты), при которых чувствительность ухудшается вдвое по сравнению с резонансной. Разность этих частот равняется полосе пропускания.

11. *Ослабление приема по зеркальному каналу приема* — величина, показывающая, во сколько раз чувствительность приемника по зеркальному каналу хуже резонансной чувствительности.

Способ измерения. Измерения проводятся так же, как при определении ослабления приема по соседнему каналу, но расстройка должна быть равна не 10 *кгц*, а удвоенной номинальной промежуточной частоте, причем расстройку следует производить в сторону повышения частоты, если частота гетеродина выше частоты сигнала и наоборот.

12. *Ослабление приема на частоте, равной промежуточной* — величина, показывающая, во сколько раз чувствительность приемника по отношению к колебаниям промежуточной частоты (в цепи антенны) хуже, чем чувствительность по отношению к тому сигналу, на частоту которого настроен приемник.

Способ измерения. Как было указано выше, измеряют чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнала. Затем, не меняя настройки приемника и установки регулятора громкости, сигнал-генератор настраивают на номинальную промежуточную частоту приемника и вновь измеряют чувствительность. Отношение измеренных таким образом чувствительностей дает искомую величину ослабления.

Измерения следует производить при настройке приемника на те частоты, которые наиболее близки к промежуточной частоте Для промежуточной частоты 465 *кгц* такими частотами являются 415 и 520 *кгц*.

13. *Диапазон принимаемых частот* — область частот, на которые приемник может быть настроен.

Способ измерения. На вход приемника подается напряжение от гетеродинного волномера. Параллельно громкоговорителю присоединяют измеритель звукового напряжения. Указатель настройки приемника ставят на крайние точки шкалы, после чего волномер настраивают по максимуму напряжения на громкоговорителе. Соответствующая граничная частота прочитывается по шкале волномера.

14. *Точность градуировки шкалы* — величина погрешности градуировки шкалы, отнесенная к соответствующей частоте сигнала.

Способ измерения На вход приемника подается напряжение от гетеродинного волномера Параллельно громкоговорителю присоединяется измеритель звукового напряжения. Указатель настройки приемника устанавливается на оцифрованную точку шкалы Гетеродинный волномер настраивают по максимальному выходному напряжению приемника Разность частот, прочитанных по шкале приемника и на шкале волномера, отнесенная к частоте сигнала, дает процентную погрешность градуировки.

Измерения производятся не менее чем для двух точек каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов шкалы на 10 — 20% ширины поддиапазона

15. *Уход частоты гетеродина от самопрогрева* — изменение частоты гетеродина вследствие нагревания его деталей.

Способ измерения. Гетеродинный волномер слабо связывают с гетеродином приемника. Приемник настраивается на высшую частоту каждого поддиапазона. Через 5 мин после включения приемника волномер настраивается на частоту гетеродина по нулевым биениям и производится отсчет частоты по его шкале. То же повторяется через 15 мин. Разность двух измерений дает величину ухода частоты гетеродина

16. *Частотная характеристика тракта звуковых частот* — зависимость выходного напряжения от частоты при постоянной величине звукового напряжения, поданного на гнезда звукоснимателя.

Способ снятия. На гнезда звукоснимателя подается напряжение от звукового генератора. При частоте 400 *гц* устанавливают регулятор громкости так, чтобы выходная мощность приемника составляла 0,1 *ва* Затем, изменяя частоту и поддерживая величину напряжения на гнездах звукоснимателя неизменной, снимают зависимость выходного напряжения от частоты. Построив кривую этой зависимости, определяют по ней неравномерность характеристики относительно точки кривой, соответствующей частоте 400 *гц*.

17. *Кривая верности воспроизведения приемника* — зависимость выходного напряжения от частоты модуляции при постоянных величинах несущей частоты, э. д. с. и глубины модуляции высокочастотного сигнала в цепи антенны.

Способ снятия. Генератор стандартных сигналов через эквивалент антенны соединяется со входом приемника. Модуляция сигнала производится от отдельного звукового генератора. Параллельно громкоговорителю присоединяется измеритель звукового напряжения При частоте модуляции 400 *гц* и коэффициенте модуляции $m=0{,}3$ приемник точно настраивается на частоту сигнала по максимуму выходного напряжения При установке регулятора громкости на максимум уровень сигнала в цепи антенны регулируется так, чтобы выходное напряжение равнялось нормальному Затем, изменяя частоту звукового генератора и поддерживая неизменным коэффициент модуляции $m=0{,}3$, снимают зависимость выходного напряжения от частоты модуляции

18. *Уровень фона приемника* — отношение напряжения фона к номинальному выходному напряжению приемника.

Способ измерения. Измеряется напряжение фона на звуковой катушке громкоговорителя (а при наличии антифонной катушки — на вторичной обмотке выходного трансформатора) Гнезда звукоснимателя при измерении должны быть замкнуты накоротко и регулятор громкости установлен на максимум

Измеренное напряжение фона, отнесенное к номинальному выходному напряжению, дает уровень фона приемника.

6-3. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Генератор стандартных сигналов должен перекрывать диапазон частот от 100 до 25 000 *кгц* при точности градуировки частоты не хуже ± 1%. Электродвижущая сила сигнала должна изменяться в пределах от 1 *мкв* до 0,1 *в*. Выходное сопротивление должно

быть не более 10 *ом* при э. д. с. менее 0,01 *в* и не более 50 *ом* при э. д. с. 0,01 ÷ 0,1 *в*. Точность градуировки аттенюатора должна быть не хуже ± 20%. Глубина амплитудной модуляции *m* должна регулироваться в пределах от 0 до 0,8; при *m* = 0,5 точность установки должна быть не хуже 5%. Частота внутренней модуляции равна 400 *гц* ± 5%. Модуляция от внешнего звукового генератора должна быть возможна в полосе частот от 50 до 10 000 *гц*.

Измеритель выходного напряжения должен иметь рабочую полосу частот не менее 50÷8 000 *гц* при точности измерения в этой полосе не хуже ± 5%.

Гетеродинный волномер должен перекрывать диапазон частот от 100 до 25 000 *кгц* с точностью не хуже 0,1%. Стабильность частоты после предварительного прогрева должна быть не хуже 0,005%. Волномер должен иметь внутренний модулятор, создающий модуляцию с коэффициентом *m* = 0,3.

Звуковой генератор должен иметь диапазон частот не менее 50÷10 000 *гц*. В пределах этого диапазона неравномерность выходного напряжения должна быть не более ± 2 *дб* при коэффициенте нелинейных искажений не более 0,1%. Регулятор должен изменять выходное напряжение в пределах от 0,01 до 150 *в*.

Ламповый вольтметр должен иметь входное активное сопротивление не менее 5 *мгом*, входную емкость не более 10 *пф* и точность градуировки не хуже ± 3%.

Измеритель нелинейных искажений должен реагировать на гармоники с амплитудой в 1% от амплитуды основного тона в пределах полосы частот от 40 до 10 000 *гц*.

6-4. ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

При измерении чувствительности уровень наводок должен быть минимум на 26 *дб* ниже лучшей чувствительности приемника.

При измерениях в низкочастотном тракте присоединение измерительных приборов должно увеличивать уровень фона не более чем на 2 *дб*.

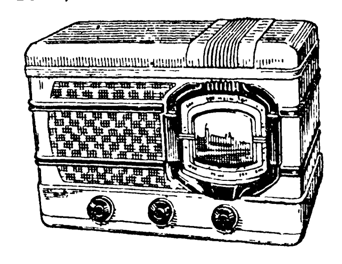
Батарейные приемники должны испытываться при питании от комплекта батарей, который является типовым для данного приемника.

6-5. РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ И РАДИОЛЫ[1]

АРЗ-49, АРЗ-51 и АРЗ-52

Трехламповый (АРЗ-49) и четырехламповые (АРЗ-51 и АРЗ-52) супергетеродинные приемники с питанием от сети переменного тока.

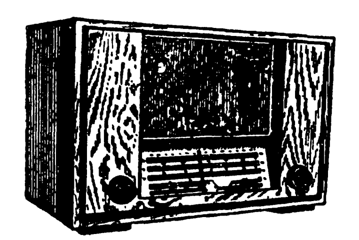
Лампы: 6А10С, 6Б8С, 30П1М (АРЗ-49) и 6А10С, 6Б8С, 6П6С, 6Ц5С (АРЗ-51 и АРЗ-52).
Диапазоны: 2 000 ÷ 724 *м* (150 ÷ 415 *кгц*), 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).
Промежуточная частота 110 *кгц*.
Чувствительность не хуже 300 *мкв*.
Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).
Номинальная выходная мощность 0,5 *ва*
Мощность, потребляемая от сети, 40 *вт*.
Размеры: 305 × 170 × 230 *мм*.
Вес 6,5 *кг*.



[1] Расположены по алфавиту марок.

«БАКУ» (1953 г.)

Шестиламповый супергетеродинный приемник второго класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6К3, 6Г2, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 069 ÷ 705,8 *м* (145 ÷ 425 *кгц*); 588,1 ÷ 184 *м* (510 ÷ 1 630 *кгц*); 75 ÷ 37,5 *м* (4 ÷ 8 *мггц*); 33,3 ÷ 24,2 *м* (9 ÷ 12,4 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз.)

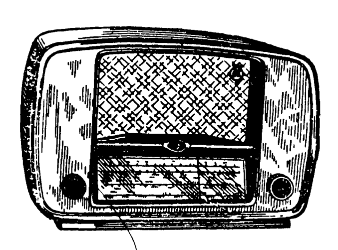
Номинальная выходная мощность 1,5 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети 60 *вт*.

Размеры: 590 × 270 × 370 *мм*.

«Балтика» и «Балтика-52»

Шестиламповый („Балтика") и семиламповый („Балтика-52") супергетеродинные приемники с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6К3, 6Г2, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С („Балтика") и 6А7, 6К3, 6Х6С, 6Ж8, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С („Балтика-52").

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*) 76 ÷ 32,7 *м* (3,95 ÷ 9,2 *мггц*); 33,3 ÷ 24,8 *м* (9 ÷ 12,1 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

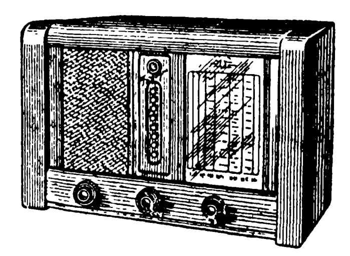
Номинальная выходная мощность 2 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 68 *вт*.

Размеры: 500 × 280 × 360 *мм*.

«Беларусь»

Тринадцатиламповый супергетеродинный приемник первого класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К7, 6А7, 6Ф6С, 6К7, 6К7, 6Г7, 6Н7С, 6П3С, 6П3С, 6Г7, 6Е5С, 5Ц4С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 55,5 ÷ 32,3 *м* (5,4 ÷ 9,3 *мггц*); 31,9 ÷ 30,6 *м* (9,4 ÷ 9,8 *мггц*); 25,8 ÷ 24,8 *м* (11,6 ÷ 2,1 *мггц*); 20 ÷ 19,4 *м* (15 ÷ 15,4 *мггц*).

Фиксированные настройки: 1 785 — 1 422 *м* (168 — 208 *кгц*); 1 315—1 053 *м* (228 — 285 *кгц*); 568 — 472 *м* (528—635 *кгц*); 476 — 387 *м* (630 — 775 *кгц*); 392 — 310 *м* (765—965 *кгц*); 314 — 254 *м* (955—1 180 *кгц*).

Промежуточная частота 466 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

Избирательность не меньше 35 *дб* (56 раз).

Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 180 *вт*.

Размеры: 690 × 305 × 455 *мм*.

«Восток-49»

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

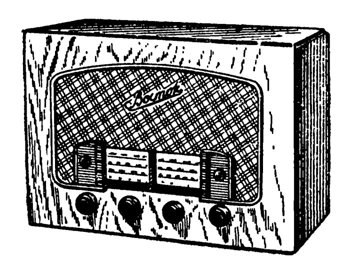
Лампы: 6А7, 6К3, 6Г7, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 578 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 75 ÷ 30,5 *м* (4 ÷ 9,8 *мггц*); 26 ÷ 18,6 *м* (11,5 ÷ 16,1 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

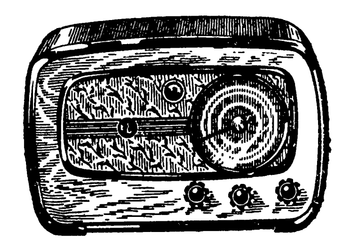
Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).



Номинальная выходная мощность 1,5 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 80 *вт*.
Размеры: 560 × 270 × 380 *мм*.
Вес 15,5 *кг*.

ВЭФ М-557

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

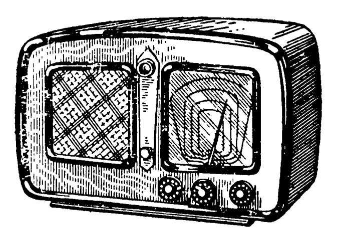


Лампы; 6А8, 6К7, 6Г7, 6Ф6С, 6Е5С, 5Ц4С.
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 579 ÷ 197 *м* (518 ÷ 1 525 *кгц*); 70 ÷ 24,8 *м* (4,28 ÷ 12,1 *мггц*).
Промежуточная частота 469 *кгц*.
Чувствительность не хуже 250 *мкв*.
Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).
Номинальная выходная мощность 3 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 65 *вт*.
Размеры: 480 × 250 × 315 *мм*.
Вес 10,4 *кг*.

ВЭФ М-697

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

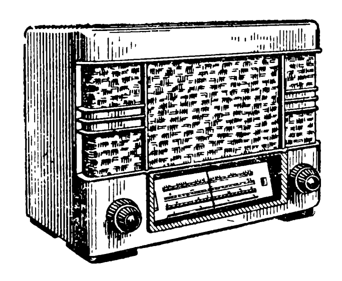
Лампы: 6А8, 6К7, 6Г7, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 70 ÷ 24,8 *м* (4,28 ÷ 12,1 *мггц*).



Промежуточная частота 469 *кгц*.
Чувствительность не хуже 300 *мкв*.
Избирательность не меньше 25 *дб* (20 раз).
Номинальная выходная мощность 2 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 70 *вт*.
Размеры: 568 × 251 × 367 *мм*.

«Дніпро-52»

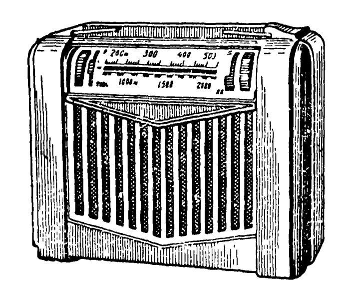
Пятиламповый супергетеродинный приемник третьего класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6К7, 6Г7, 6П6С, 6Ц5С.
Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 188 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 75,9 ÷ 24,7 *м* (3,95 ÷ 12,1 *мггц*).
Промежуточная частота 465 *кгц*.
Чувствительность не хуже 250 *мкв*.
Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).
Номинальная выходная мощность 0,5 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 35 *вт*.
Размеры: 420 × 220 × 290 *мм*.
Вес 7,5 *кг*.

«Дорожный»

Четырехламповый переносный супергетеродинный приемник с питанием от батарей или от сети переменного тока.



Лампы: 1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П.

Диапазоны: 2 000 ÷ 715 *м* (150 ÷ 420 *кгц*), 580 ÷ 188 *м* (508 ÷ 1 600 *кгц*)

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 1 000 *мкв* (с внутренней антенной) и не хуже 150 *мкв* (с внешней антенной)

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 0,1 *ва*.

Питание: 4,8 *в* × 66 *ма* (накал) и 60 *в* × 6,5 *ма* (анод).

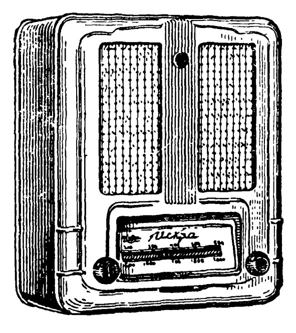
Мощность, потребляемая от сети, 3 *вт*.

Размеры: 240 × 105 × 185 *мм*.

Вес 3,5 *кг* (с батареями)

«Искра»

Четырехламповый супергетеродинный приемник третьего класса с питанием от батарей.



Лампы: 1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*), 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).

Промежуточная частота 110 *кгц*.

Чувствительность не хуже 400 *мкв*.

Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз)

Номинальная выходная мощность 0,15 *ва*.

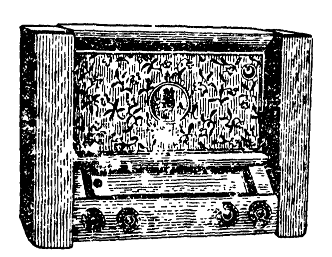
Питание. 1,2 *в* × 0,3 *а* (накал) и 120 *в* × 12 *ма* (анод).

Размеры: 214 × 148 × 260 *мм*.

Вес 4,3 *кг* (без батарей)

«Латвия»

Тринадцатиламповый супергетеродинный приемник первого класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К7, 6А7, 6А8, 6К7, 6К7, 6Х6С, 6С5, 6Н7С, 6П3С, 6П3С 6Е5С, 5Ц4С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 70 ÷ 35 *м* (4,28 ÷ 8,57 *мггц*); 32,2 ÷ 24,6 *м* (8,53 ÷ 12,2 *мггц*); 19,9 ÷ 19,3 *м* (15,1 ÷ 15,5 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

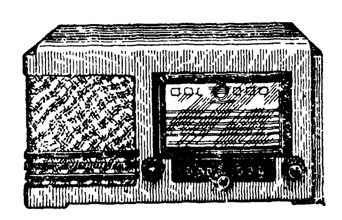
Избирательность не меньше 35 *дб* (56 раз).

Номинальная выходная мощность 6 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 190 *вт*.

«Ленинград»

Двенадцатиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К7, 6А7, 6А8, 6К7, 6К7, 6Г7, 6Н7С, 6Ф6С, 6Ф6С, 6Е5С, 5Ц4С, 5Ц4С.

Диапазоны; 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 71,3 ÷ 40 *м* (4,2 ÷ 7,5 *мггц*); 31,6 ÷ 30,8 *м* (9,49 ÷ 9,73 *мггц*); 25,6 ÷ 25 *м* (11,72 ÷ 12 *мггц*), 19,9 ÷ 19,5 *м* (15,1 ÷ 15,4 *мггц*).

Фиксированные настройки: 2 000 — 1 333 *м* (150 — 225 *кгц*); 1 333 — 882 *м* (225—340 *кгц*), 517 — 345 *м* (580 — 870 *кгц*), 333—222 *м* (900 — 1 350 *кгц*).

Промежуточная частота 460 *кгц*.

Чувствительность не хуже 180 *мкв*.

Избирательность не меньше 30 *дб* (31 раз).

Номинальная выходная мощность 8 *ва*.

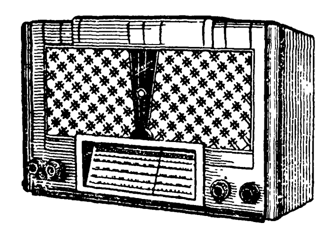
Мощность, потребляемая от сети, 120 *вт*.

Размеры: 660 × 292 × 352 *мм*.

Вес 24,5 *кг*.

«Ленинград-50»

Пятнадцатиламповый супергетеродинный приемник первого класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К3, 6А7, 6Ж3, 6К3, 6К3, 6Б8С, 6Ж8, 6Н8С, 6С4С, 6С4С, 6Б8С, 6Ж8, 6Х6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 75,8 ÷ 40 *м* (3,95 ÷ 7,5 *мгц*), 50,5÷48,5 *м* (5,95 ÷ 6,2 *мгц*); 42,3 ÷ 41,1 *м* (7,1 ÷ 7,3 *мгц*); 31,6 ÷ 31 *м* (9,5 ÷ 9,7 *мгц*); 25,6 ÷ 25 *м* (11,7 ÷ 11,95 *мгц*); 19,8÷19,4 *м* (15,1 ÷ 15,45 *мгц*)

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

Избирательность не меньше 35 *дб* (56 раз).

Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 190 *вт*.

«Минск»

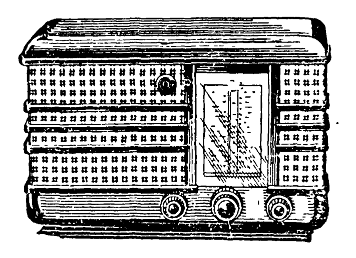
Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6А7, 6К7, 6Г7, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*), 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*), 69,8 ÷ 24,6 *м* (4,3 ÷ 12,2 *мгц*), 20,17 ÷ 19,43 *м* (14,87 — 15,44 *мгц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 150 *мкв*



Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

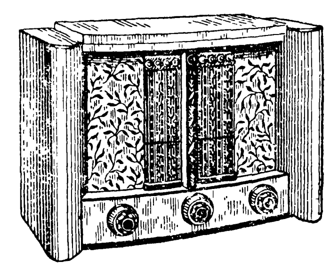
Номинальная выходная мощность 2 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 60 *вт*

Размеры: 545 × 270 × 365 *мм*.

«Мир»

Тринадцатиламповый супергетеродинный приемник первого класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К3, 6А7, 6А7, 6К3, 6К3, 6Х6С, 6Н8С, 6Н8С, 6П3С, 6П3С, 6Е5С, 6Г2, 5Ц3С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*), 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 75 ÷ 50 *м* (4 ÷ 6 *мгц*), 50 ÷ 38,5 *м* (5,98÷7,8 *мгц*), 32 ÷ 30,4 *м* (9,36 ÷ 9,86 *мгц*); 26,1 ÷ 24,8 *м* (11,5 ÷ 12,1 *мгц*)

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

Избирательность не меньше 60 *дб* (1 000 раз)

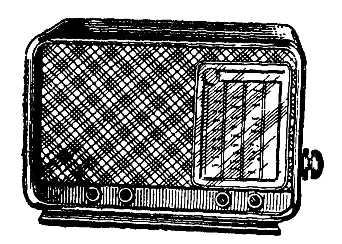
Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 160 *вт*.

«Москвич»

Семиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6А7, 6К7, 6К7, 6Г7, 30П1С, 6Е5С, 30Ц6С



Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 215 *м* (520 ÷ 1 400 *кгц*); 70 ÷ 24,6 *м* (4,3 ÷ 12,2 *мггц*).

Промежуточная частота 460 *кгц*.

Чувствительность не хуже 1 940 *мкв* (с рамкой).

Избирательность не меньше 24 *дб* (16 раз).

Номинальная выходная мощность 2 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 55 *вт* (при 127 *в*) и 90 *вт* (при 220 *в*).

«Москвич-В»

Трехламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

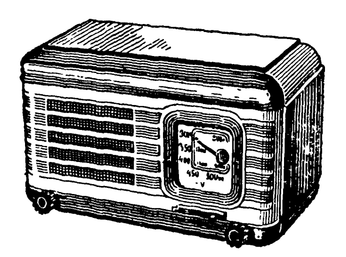
Лампы: 6А10С, 6Б8С, 6П6С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 15 *дб* (6 раз).



Номинальная выходная мощность 0,5 *ва*.

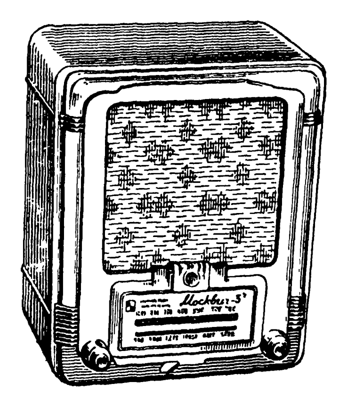
Мощность, потребляемая от сети, 40 *вт*.

Размеры: 290 × 140 × 185 *мм*.

Вес 4,3 *кг*.

«Москвич-3»

Пятиламповый супергетеродинный приемник третьего класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6Б8С, 6Ж8, 6П6С, 6Ц5С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*), 576,9 ÷ 187,5 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 100 *мкв*.

Избирательность не меньше 25 *дб* (18 раз).

Номинальная выходная мощность, 0,5 *ва*.

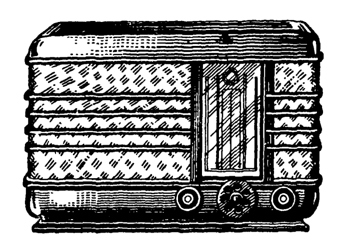
Мощность, потребляемая от сети, 30 *вт*.

Размеры: 220 × 160 × 270 *мм*.

Вес 5,5 *кг*.

«Нева» («Маршал-М»)

Восьмиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К7, 6А8, 6Ж7, 6К7, 6Г7, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 715 *м* (150 ÷ 420 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 50 ÷ 16,8 *м* (6 ÷ 19 *мггц*).

Промежуточная частота 468 *кгц*.

Чувствительность не хуже 200 *мкв*.

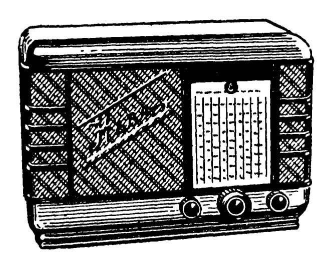
Избирательность не меньше 34 *дб* (50 раз).

Номинальная выходная мощность, 3 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 85 *вт*.

«Нева-48» и «Нева-51»

Девятиламповые супергетеродинные приемники с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К7, 6А7 („Нева-48") или 6А8 „(Нева-51"), 6Ж7, 6К7, 6Г7, 6Ж7, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 715 *м* (150 ÷ 420 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 71 ÷ 37,5 *м* (4,2 ÷ 8 *мггц*); 33 ÷ 23 *м* (9 ÷ 13 *мггц*); 21 ÷ 15 *м* (14,3 ÷ 20 *мггц*) — „Нева-48" или 20,13 ÷ 19,24 *м* (14,9 ÷ 15,6 *мггц*) — „Нева-51".

Промежуточная частота 468 *кгц* („Нева-48") и 465 *кгц* („Нева-51").

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

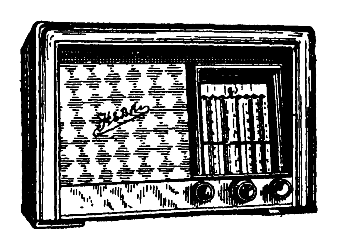
Мощность, потребляемая от сети, 100 *вт*.

Размеры: 560 × 280 × 370 *мм*.

Вес 20 *кг*.

«Нева-52»

Девятиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К3, 6А7, 6А7, 6К3, 6Б8С, 6С5, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 725 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 576 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 76 ÷ 40 *м* (3,95 ÷ 7,5 *мггц*); 32,9 — 30 *м* (9,1 ÷ 10 *мггц*); 26,3÷25 *м* (11,4÷12 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

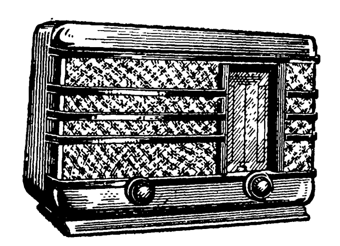
Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети 100 *вт*.

«Пионер»

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А8, 6К7, 6Г7, 6Ф6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 700 *м* (150 ÷ 430 *кгц*); 577 ÷ 215 *м* (520 ÷ 1 400 *кгц*); 50 ÷ 16,8 *м* (6 ÷ 18 *мггц*).

Промежуточная частота 468 *кгц*.

Чувствительность не хуже 100 *мкв* (для двух первых диапазонов).

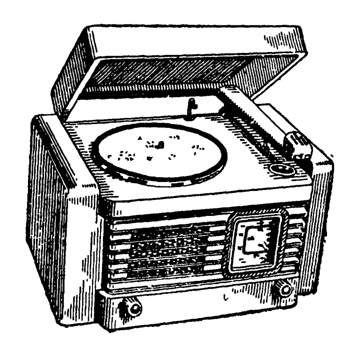
Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 2 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 60 *вт*.

Размеры: 480 × 255 × 325 *мм*.

Радиола „Кама"



Трехламповый супергетеродинный приемник и проигрыватель граммофонных пластинок с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6А7, 6Б8С, 6П6С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 15 *дб* (6 раз)

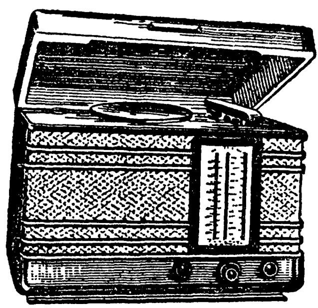
Номинальная выходная мощность 0,5 *ва*

Мощность, потребляемая от сети, 65 *вт* (при работе только приемника равна 35 *вт*)

Размеры: 390 × 285 × 225 *мм*.

Радиола «Минск-Р7»

Семиламповый супергетеродинный приемник и проигрыватель граммофонных пластинок с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6К7, 6Х6С, 6Ж7, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 69,8 ÷ 21,6 *м* (4,3 ÷ 12,2 *мггц*), 20,17 ÷ 19,43 *м* (14,87 ÷ 15,44 *мггц*)

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 150 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз)

Номинальная выходная мощность 2 *ва*

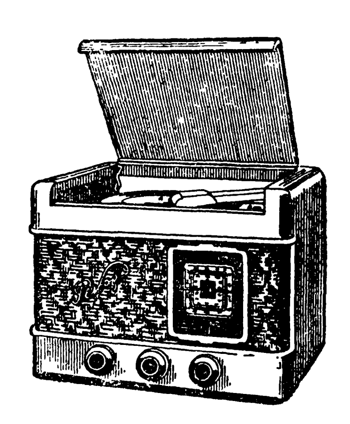
Мощность, потребляемая от сети, 85 *вт* (при работе только приемника равна 65 *вт*)

Размеры: 610 × 330 × 410 *мм*.

Вес 20 *кг*.

Радиола «Рекорд»

Пятиламповый супергетеродинный приемник и проигрыватель граммофонных пластинок с питанием от сети переменного тока



Лампы: 6А10С, 6К9С, 6Г7, 6П6С, 5Ц5С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*), 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*), 67 ÷ 24,8 *м* (4,48 ÷ 12,1 *мггц*)

Промежуточная частота 110 *кгц*.

Чувствительность не хуже 500 *мкв*.

Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).

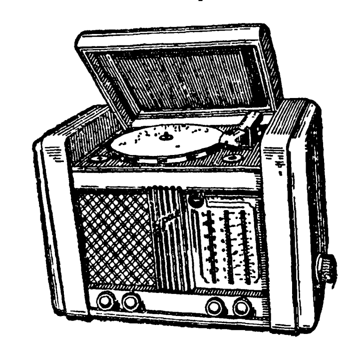
Номинальная выходная мощность 0,5 *ва*.

Мощность, потребляемая от сети, 50 *вт* (при работе только приемника равна 40 *вт*).

Размеры: 400 × 290 × 280 *мм*.

Радиолы «Урал-49», «Урал-50» и «Урал-52»

Шестиламповые супергетеродинные приемники и проигрыватели граммофонных пластинок с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6К3, 6Г7, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С („Урал-49" и „Урал-50") и 6А7, 6К3, 6Г2, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С „Урал-52").

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 67,32 ÷ 19,3 *м* (4,5÷15,5 *мгц*) – „Урал-49" и „Урал-50" и 2 000 ÷ 723 *м* (150÷415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 76 ÷ 40 *м* (3,95 ÷ 7,5 *мгц*); 31 ÷ 24,9 *м* (9,5 ÷ 12,1 *мгц*) — „Урал-52".

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 1,5 *ва*

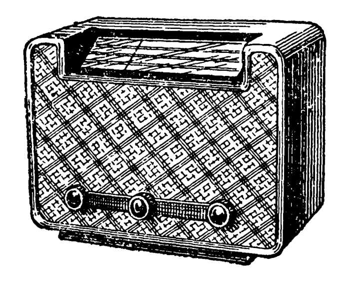
Мощность, потребляемая от сети, 110 *вт* (при работе только приемника равна 80 *вт*).

Размеры: 520 × 310 × 400 *мм*.

Вес 18,5 *кг*.

«Рекорд»

Пятиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А8, 6К7, 6Г7, 25П1С, 30Ц6С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ ÷ 410 *кгц*); 545 ÷ 200 *м* (550 ÷ 1 500 *кгц*); 70,2 ÷ 24,4 *м* (4,28 ÷ 12,3 *мгц*)

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 400 *мкв*.

Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).

Номинальная выходная мощность 0,7 *ва*.

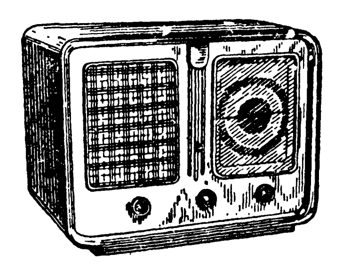
Мощность, потребляемая от сети, 50 *вт* (при 127 *в*) и 80 *вт* (при 220 *в*).

«Рекорд-47» и «Рекорд-52»

Пятиламповые супергетеродинные приемники с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6А7, 6К7, 6Г7, 30П1С, 30Ц1М („Рекорд-47") и 6А7, 6К3, 6Г2, 6П6С, 6Ц5С („Рекорд-52").

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 70 ÷ 24,8 *м* (4,28 ÷ 12,1 *мгц*) — „Рекорд-47" и 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*), 75,9÷24,8 *м* (3,95 ÷ 12,1 *мгц*) — „Рекорд 52".



Промежуточная частота: 110 *кгц* („Рекорд-47") и 465 *кгц* („Рекорд-52")

Чувствительность не хуже 500 *мкв*.

Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).

Номинальная выходная мощность: 0,6 *вт* („Рекорд-47") и 0,5 *вт* („Рекорд-52")

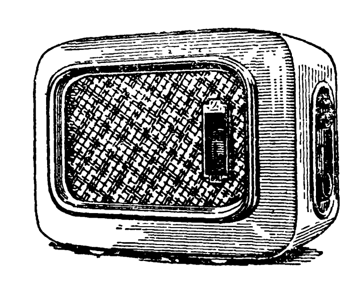
Мощность, потребляемая от сети: 60 *вт* (при 127 *в*) и 95 *вт* (при 220 *в*) — „Рекорд-47" и 40 *вт* „Рекорд-52":

Размеры: 350 × 180 × 265 *мм*.

Вес 5,5 *кг*.

«Рига Б-912»

Двухламповый приемник прямого усиления с питанием от батарей.



Лампы: 1К1П, 2П1П.

Диапазоны: 2 000 — 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*)

Чувствительность не хуже 4 *мв* (при максимальной обратной связи)

Избирательность не меньше 25 *дб* (18 раз) — при максимальной обратной связи.

Номинальная выходная мощность 0,07 *ва*.

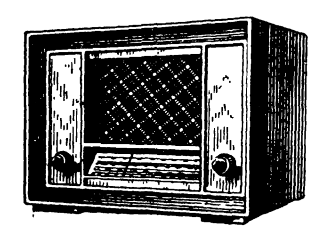
Питание: 1,2 *в* × 0,18 *а* (накал) и 80 *в* × 5 *ма* (анод).

Размеры: 275 × 140 × 206 *мм*.

Вес 3,5 *кг*.

«Рига Т-689»

Девятиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6С5, 6К7, 6К7, 6Х6С, 6Ж7, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 120 ÷ 685 *м* (141,5 ÷ 438 *кгц*); 588 ÷ 185 *м* (510 ÷ 1 622 *кгц*); 75,7 ÷ 24,4 *м* (3,96 ÷ 12,27 *мггц*); 20,11 ÷ 19,31 *м* (14,94 ÷ 15,53 *мггц*); 17,28 ÷ 16,53 *м* (17,38 ÷ 18,1 *мггц*).

Промежуточная частота 468 *кгц*.

Чувствительность не хуже 120 *мкв*.

Избирательность не меньше 50 *дб* (300 раз).

Номинальная выходная мощность 5 *ва*.

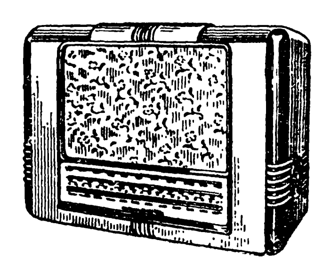
Мощность, потребляемая от сети, 105 *вт*.

Размеры: 585 × 315 × 415 *мм*.

Вес 25 *кг*.

«Рига Т-755»

Пятиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А8, 6К7, 6Г7, 6П6С, 6Ц5С.

Диапазоны: 2 069 ÷ 731,7 *м* (145 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 185,5 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 75 ÷ 24 *м* (4 ÷ 12,5 *мггц*).

Промежуточная частота 468 *кгц*.

Чувствительность не хуже 180 *мкв*.

Избирательность не меньше 35 *дб* (56 раз).

Номинальная выходная мощность 2 *ва*.

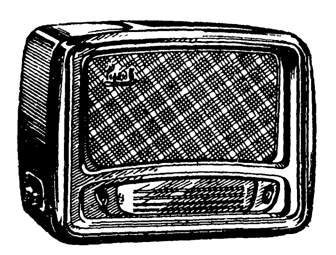
Мощность, потребляемая от сети, 46 *вт*.

Размеры: 400 × 205 × 310 *мм*.

Вес 10,5 *кг*.

«Рига-6»

Шестиламповый супергетеродинный приемник второго класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6А7, 6Б8С, 6Ж8, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 75,9 ÷ 40,5 *м* (3,95 ÷ 7,4 *мггц*); 31,7 ÷ 24,8 *м* (9,45 ÷ 12,1 *мггц*).

Промежуточная частота 464 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 1,5 *ва*.

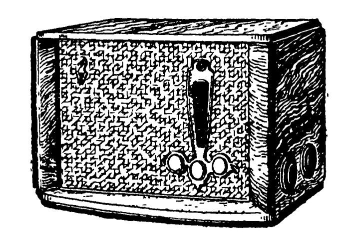
Мощность, потребляемая от сети, 55 *вт*.

Размеры: 430 × 230 × 325 *мм*.

Вес 15 *кг*.

«Рига-10»

Десятиламповый супергетеродинный приемник первого класса с питанием от сети переменного тока.



Лампы: 6К3, 6А7, 6К3, 6Б8С, 6Ж8, 6Н9С, 6П6С, 6П6С, 6Е5С, 5Ц4С.

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*), 75,9 ÷ 52,2 *м* (3,95 ÷ 5,75 *мггц*); 50 ÷ ÷ 40,5 *м* (6,÷7,4 *мггц*); 31,7 ÷ 24,8 *м* (9,45 ÷ 12,1 *мггц*).

Промежуточная частота 464 *кгц*.

Чувствительность не хуже 50 *мкв*.

Избирательность не меньше 46 *дб* (200 раз).

Номинальная выходная мощность 4 *ва*.

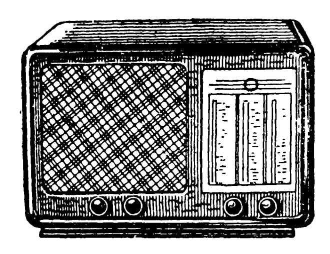
Мощность, потребляемая от сети, 85 *вт*.

Размеры; 605 × 310 × 340 *мм*.

Вес 24 *кг*.

«Родина»

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от батарей.



Лампы: СБ-242, 2К2М, 2К2М, 2Ж2М, 2Ж2М, 2Ж2М.

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*), 545 ÷ 200 *м* (550 ÷ 1 500 *кгц*): 32 ÷ 24,6 *м* (9,2 ÷ 12,2 *мггц*).

Промежуточная частота 460 *кгц*.

Чувствительность не хуже 100 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 0,2 *ва*.

Питание; 2 *в* × 0,55 *а* (накал) и 120 *в* × 8 *ма* (анод).

Размеры: 480 × 214 × 339 *мм*.

Вес 8,8 *кг*.

«Родина-47»

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от батарей.

Лампы: СБ-242, 2К2М, 2К2М, 2Ж2М, 2Ж2М, 2Ж2М.

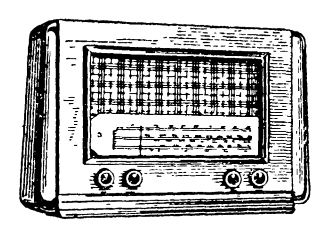
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 70 ÷ 25 *м* (4,3 ÷ 12 *мггц*).

Промежуточная частота 460 *кгц*.

Чувствительность не хуже 70 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 0,2 *ва*.



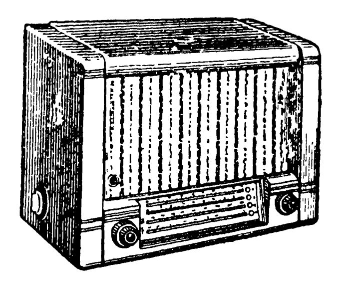
Питание 2 *в* × 0,55 *а* (накал) и 120 *в* × 8 *ма* (анод).

Размеры: 520 × 245 — 345 *мм*.

Вес 11 *кг*.

«Родина-52»

Семиламповый супергетеродинный приемник второго класса с питанием от батарей.



Лампы: 1А1П, 1К1П, 1К1П, 1Б1П, 1Б1П, 2П1П, 2П1П.

Диапазоны: 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*); 76 ÷ 36 *м* (3,95 ÷ 8,33 *мггц*); 36 ÷ 24,8 *м* (8,33 ÷ 12,1 *мггц*).

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 0,15 *ва*,

Питание: 1,2 *в* × 0,52 *а* (накал), 120 *в* × 12 *ма* (анод) и 9 *в* (сеточная батарея).

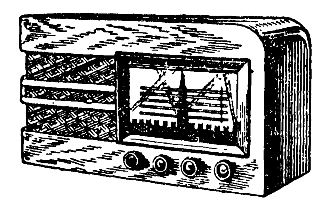
Размеры 450 × 225 × 310 *мм*.

«Салют»

Пятиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6А8, 6К7, 6Г7, 6Ф6С, 5Ц4С.

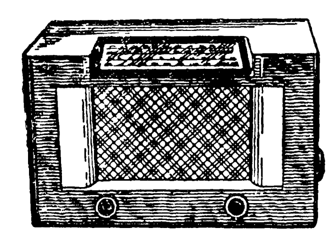
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 545 ÷ 200 *м* (550 ÷ 1 500 *мггц*); 70,6 ÷ 24,2 *м* (4,28 ÷ 12,4 *мггц*); 26,6 ÷ 24,8 *м* (11,3 ÷ 12,1 *мггц*); 20,4 ÷ 18,7 *м* (14,7 ÷ 16,1 *мггц*).



Промежуточная частота 460 *кгц*.
Чувствительность не хуже 500 *мкв*.
Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз).
Номинальная выходная мощность 2 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 75 *вт*.
Размеры: 615 × 220 × 306 *мм*.

«Таллин Б-2»

Четырехламповый супергетеродинный приемник с питанием от батарей.

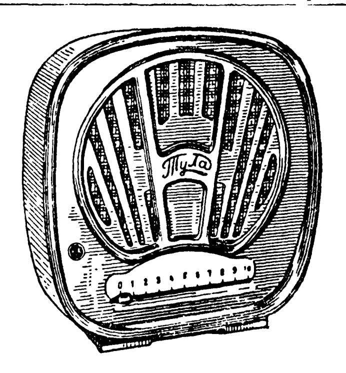


Лампы: 1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П.
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*), 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*).
Промежуточная частота 465 *кгц*.
Чувствительность не хуже 400 *мкв*.
Избирательность не меньше 20 *дб* (10 раз)
Номинальная выходная мощность 0,1 *ва*
Питание: 1,2 *в* × 0,3 *а* (накал) и 90 *в* × 10 *ма* (анод).
Размеры: 420 × 200 × 275 *мм*.

«Тула»

Двухламповый приемник прямого усиления с питанием от батарей.

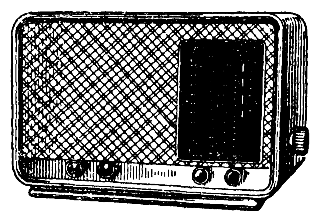
Лампы: 1Б1П, 2П1П.
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*) 555 ÷ 200 *м* (540 ÷ 1 500 *кгц*)
Чувствительность не хуже 40 *мв*.
Номинальная выходная мощность 0,04 *ва*
Питание: 3 *в* × 60 *ма* (накал) и 60 *в* × 4,5 *ма* (анод)



Размеры: 230 × 95 × 245 *мм*.
Вес 1,6 *кг*.

«Урал-47»

Шестиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

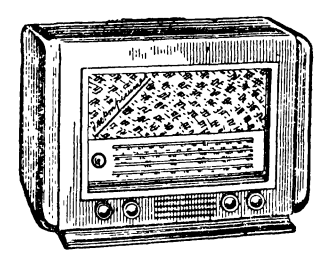


Лампы: 6А7, 6К7, 6Г7, 6Ф6С, 6Е5С, 5Ц4С
Диапазоны: 2 000 ÷ 715 *м* (150 ÷ ÷ 420 *кгц*), 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*), 68,2 ÷ 19,35 *м* (4,4 × 15,5 *мггц*).
Промежуточная частота 467 *кгц*.
Чувствительность не хуже 200 *мкв*.
Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).
Номинальная выходная мощность 2 *ва*.
Мощность, потребляемая от сети, 80 *вт*.

«Электросигнал-2»

Семиламповый супергетеродинный приемник с питанием от сети переменного тока.

Лампы: 6Ж С, 6А7, 6К3, 6Г7, 6П3С, 6Е5С, 5Ц4С
Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ ÷ 410 *кгц*), 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 70,5 ÷ 37,5 *м* (4,25 ÷ 8 *мггц*), 35 ÷ 16,4 *м* (8,55 ÷ 18,3 *мггц*)
Промежуточная частота 460 *кгц*



Чувствительность не хуже 200 *мкв* (с внешней антенной)

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз).

Номинальная выходная мощность 3,5 *ва*.

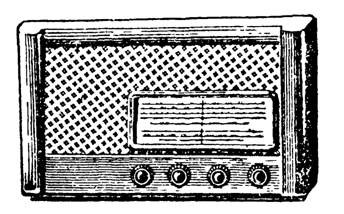
Мощность, потребляемая от сети, 70 *вт*.

Размеры: 520 × 270 × 340 *мм*.

Вес 14 *кг*.

VV-682 и VV-663

Шестиламповые супергетеродинные приемники с питанием от сети переменного тока.



Лампы; 6А7, 6К7, 6Г7, 6Ф6С (VV-682) или 6П6С (VV-663), 6Е5С, 5Ц4С

Диапазоны: 2 000 ÷ 732 *м* (150 ÷ 410 *кгц*); 577 ÷ 200 *м* (520 ÷ 1 500 *кгц*); 75 ÷ 22,2 *м* (4 ÷ 13,5 *мггц*); 22,2 ÷ 16,1 *м* (13,5 ÷ 18,7 *мггц*) — VV-662 и 2 000 ÷ 723 *м* (150 ÷ 415 *кгц*); 577 ÷ 187 *м* (520 ÷ 1 600 *кгц*), 76 ÷ 42,9 *м* (3,96 ÷ 7 *мггц*); 42,9 ÷ 24,8 *м* (7 ÷ 12,1 *мггц*) — VV-663.

Промежуточная частота 465 *кгц*.

Чувствительность не хуже 300 *мкв*.

Избирательность не меньше 26 *дб* (20 раз)

Номинальная выходная мощность 1,5 *вт*

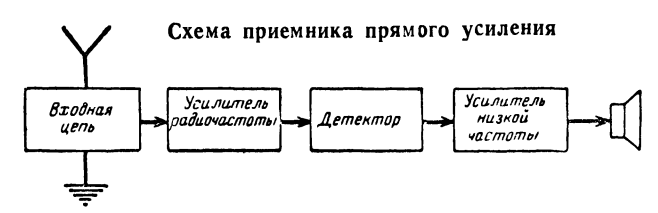
Мощность, потребляемая от сети, 70 *вт*

Размеры: 610 × 260 × 340 *мм*.

Вес 16 *кг*.

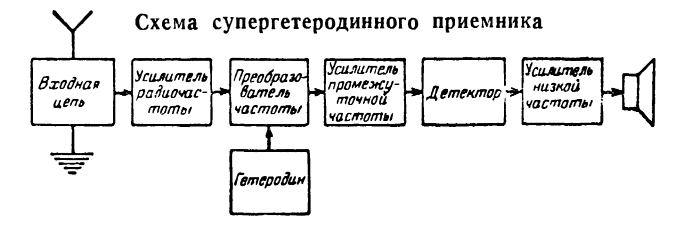
6-6. СКЕЛЕТНЫЕ СХЕМЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Схема приемника прямого усиления



В любительских конструкциях приемников прямого усиления усилители радиочастоты имеют один, реже два каскада.

Схема супергетеродинного приемника



В любительских супергетеродинных приемниках усилитель радиочастоты либо отсутствует, либо имеет один каскад. Усилитель промежуточной частоты выполняется с одним, реже с двумя каскадами.

При составлении скелетных схем надо учитывать следующее:

Общее усиление до детектора определяется перемножением коэффициентов усиления всех предшествующих каскадов, а также входной цепи. Это усиление должно быть таким, чтобы при действии в цепи антенны сигнала, величина которого соответствует чувствительности приемника, напряжение на входе детектора было не менее 0,3 *в* (во избежание нелинейных искажений). Увеличение этого напряжения до 3—5 *в* улучшает действие системы автоматической регулировки усиления.

Усиление по низкой частоте должно быть таким, чтобы при тех же условиях и при коэффициенте модуляции 100% выходная мощность приемника равнялась номинальной (расчет напряжения на выходе детектора см. на стр. 149).

Общая резонансная кривая приемника определяется путем перемножения взятых при одинаковых расстройках ординат резонансных кривых всех каскадов, предшествующих детектору (включая входную цепь). Отсюда следует, что ослабление приема по соседнему каналу (по сравнению с резонансной частотой) равно произведению тех ослаблений, которые дают все каскады приемника при расстройке на ± 10 *кгц*.

Ослабление приема по зеркальному каналу равно произведению ослаблений, создаваемых входной цепью и усилителем радиочастоты при расстройке на удвоенную промежуточную частоту.

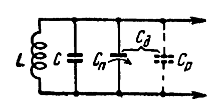
Ослабление приема на частоте, равной промежуточной, равно произведению ослаблений, даваемых на этой частоте входной цепью и усилителем радиочастоты. Для увеличения ослабления в состав входной цепи вводят специальные фильтры промежуточной частоты (см. стр. 134).

Согласно ГОСТ 5651-51 общее снижение кривой верности приемника вместе с громкоговорителем на границе полосы пропускания допускается на 18 *дб* в диапазоне частот ниже 250 *кгц* и на 14 *дб* в диапазоне более высоких частот. Для расчетов можно принять следующее распределение: ослабление в тракте звуковых частот (детектор, усилитель и громкоговоритель) — 6 *дб*; в тракте промежуточной частоты — 6 *дб*; в радиочастотном тракте — 6 *дб* на частотах ниже 250 *кгц* и 2 *дб* на более высоких частотах.

Для выполнения этих требований добротность радиочастотных контуров (входной цепи и усилителя радиочастоты) должна быть не более определенной величины, которая зависит от диапазона частот и от общего числа этих контуров в радиоприемнике.

Величина промежуточной частоты $f_{пр}$ установлена ГОСТ 5651-51 равной 465 ± 2 *кгц* для любых радиовещательных приемников и 110÷115 *кгц* для приемников третьего класса без коротковолнового диапазона и для приемников четвертого класса. Использование $f_{пр} = 110 \div 115$ *кгц* повышает устойчивое усиление и избирательность по соседнему каналу, но ухудшает ослабление зеркального канала.

6-7. РАСЧЕТ РАДИОЧАСТОТНОГО КОНТУРА



Коэффициент перекрытия диапазона

$$k_п = \frac{f_{макс}}{f_{мин}}$$

где $f_{макс}$ и $f_{мин}$ — максимальная и минимальная частоты диапазона, *мггц*,

Индуктивность контура, *мкгн*,

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (k_n^2 - 1)}{(C_{макс} - C_{мин}) f_{макс}^2},$$

где $C_{макс}$ и $C_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости конденсатора настройки, *пф*

Дополнительная емкость, *пф*,

$$C_д = \frac{C_{макс} - k_n^2 C_{мин}}{k_n^2 - 1}.$$

Распределенная емкость для контура входной цепи, *пф*,

$$C_p = C_к + C_м + C_{вх},$$

где $C_к$ — емкость катушки (от 3 до 25 *пф*);

$C_м$ — емкость монтажа (от 5 до 20 *пф*);

$C_{вх}$ — входная емкость лампы (см таблицу на стр. 100—108).

Бóльшие цифры относятся к диапазонам более низких частот Для контура усилителя радиочастоты надо добавить еще выходную емкость $C_{вых}$ предыдущей лампы (из таблиц).

Емкость подстроечного конденсатора, *пф*,

$$C_п = C_д - C_p.$$

Эта величина должна быть положительной и не менее 5 ÷ 15 *пф*, чтобы иметь возможность при регулировке контура исправить вероятную ошибку в определении C_p.

Добротность контуров супергетеродинных приемников в диапазоне 150÷415 *кгц* не должна превышать $Q = \frac{130}{F_в}$ (при одном контуре) или $Q = \frac{75}{F_в}$ (при двух контурах), а в диапазоне 520 ÷ 1 600 *кгц* не должна превышать $Q = \frac{210}{F_в}$ (при одном контуре) или $Q = \frac{130}{F_в}$ (при двух контурах), где $F_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания (для первого класса $F_в = 6{,}5$ *кгц*, для второго класса $F_в = 4$ *кгц*, для третьего класса $F_в = 3{,}5$ *кгц* и для четвертого класса $F_в = 3$ *кгц*).

Так как при включении в схему добротность контура понижается на 20 — 25%, собственная добротность катушки может превышать указанные значения на 20 — 25%.

Контуры коротковолновых диапазонов супергетеродинных приемников, а также контуры любых диапазонов приемников прямого усиления должны иметь возможно более высокую добротность.

Пример расчета *Дано* диапазон 150÷415 *кгц* = 0,15÷0,415 *мггц*, емкость конденсатора настройки $C_{макс} = 500$ *пф* и $C_{мин} = 10$ *пф*.

Определяем

$$k_n = \frac{0{,}415}{0{,}15} = 2{,}8, \quad L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (2{,}8^2 - 1)}{(500 - 10)\, 0{,}415^2} = 2\,000 \text{ мкгн};$$

$$C_д = \frac{500 - 2{,}8^2 \cdot 10}{2{,}8^2 - 1} = 61{,}5\ пф.$$

Для контура входной цепи перед лампой 6К3:

$$C_р = 25 + 10 + 6 = 41\ пф;$$

$$C_п = 61{,}5 - 41 = 20{,}5\ пф.$$

Для контура в анодной цепи лампы 6К3 перед преобразовательной лампой 6А7:

$$C_р = 25 + 10 + 9 + 10 = 54\ пф;$$

$$C_п = 61{,}5 - 54 = 7{,}5\ пф.$$

Добротность для приемника первого класса при двух радиочастотных контурах

$$Q < \frac{75}{6{,}5} \approx 12.$$

6-8. РАСЧЕТ ВХОДНОЙ ЦЕПИ

В радиовещательных приемниках используются входные цепи с трансформаторной или емкостной связью между контуром и антенной. Входная цепь с трансформаторной связью имеет лучшие электрические показатели, но требует дополнительной катушки. Входная цепь с емкостной связью проще конструктивно, но резко меняет величину передачи напряжения при настройке на разные частоты.

Входная цепь с трансформаторной связью

Типовые значения

Диапазон	Индуктивность катушки связи	Коэффициент связи $k = \frac{M}{\sqrt{LL_{св}}}$
150÷415 *кгц*	15,5 *мгн*	0,45
520÷1 600 *кгц*	1,3 *мгн*	0,25
3,94÷12,1 *мггц*	1—25 *мкгн*	0,03

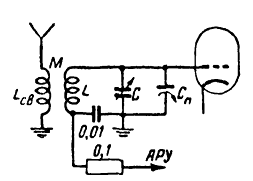
Величины L и $C_п$ зависят от типа конденсатора C (см. стр. 129).

Расчет для диапазонов 150÷415 и 520÷1 600 кгц.

Индуктивность катушки связи, *мкгн*,

$$L_{св} = \frac{350}{f^2_{мин}},$$

где $f_{мин}$—минимальная частота диапазона, *мггц*.



Добротность антенной цепи $Q_{а.ц}$:

в диапазоне 150÷415 *кгц*

$$Q_{а.ц} = 40 - 60;$$

в диапазоне 520÷1 600 *кгц*

$$Q_{а.ц} = 20 - 30.$$

Наибольший коэффициент связи, определяемый допустимым ухудшением избирательности контура,

$$k_1 = 0{,}25 \sqrt{\frac{Q_{а.ц}}{Q}},$$

где Q — добротность контура.

Наибольший коэффициент связи, определяемый допустимым сдвигом настройки контура,

$$k_2 = 0{,}7\sqrt{\frac{4k_n^2 - 1}{Q\,(k_n^2 - 0{,}5)}},$$

где k_n — коэффициент перекрытия диапазона.

Наибольший коэффициент связи, определяемый конструктивными возможностями,

$$k_3 = 0{,}7 \div 0{,}8.$$

Из величин k_1, k_2 и k_3 надо выбрать меньшую, которая и будет необходимым коэффициентом связи k.

Взаимоиндуктивность между катушками связи и контура, *мкгн*,

$$M = k\sqrt{LL_{св}}.$$

Коэффициент передачи напряжения

$$K = kQ\sqrt{\frac{L}{L_{св}}}\cdot\frac{1}{1 - 0{,}3\left(\frac{f_{мин}}{f}\right)^2},$$

где f — частота, для которой определяется величина K.

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\cdot\frac{\left[\left(\frac{f + 2f_{пр}}{f}\right)^2 - 1\right]\left[1 - 0{,}3\left(\frac{f_{мин}}{f + 2f_{пр}}\right)^2\right]}{1 - 0{,}3\left(\frac{f_{мин}}{f}\right)^2},$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *мггц*;

$f_{пр}$ — промежуточная частота, *мггц*;

$f_{мин}$ — нижняя частота данного диапазона, *мггц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$.

Ослабление приема сигналов, имеющих частоту, равную промежуточной частоте приемника, определяется тем же выражением, но вместо $f + 2f_{пр}$ надо подставлять $f_{пр}$. Этот расчет надо производить для случая настройки приемника на частоту f, наиболее близкую к промежуточной.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150÷415 *кгц* = 0,15÷0,415 *мггц*, $k_n = 2{,}8$; $Q = 12$, $L = 2\cdot10^3$ *мкгн*. $f_{пр} = 465$ *кгц* = 0,465 *мггц*.

Определяем:

$$L_{св} = \frac{350}{0{,}15^2} = 15{,}5\cdot10^3 \text{ мкгн};\quad Q_{а.ц} = 40;$$

$$k_1 = 0{,}25\sqrt{\frac{40}{12}} \approx 0{,}45,\quad k_2 = 0{,}7\sqrt{\frac{4\cdot2{,}8^2 - 1}{12\,(2{,}8^2 - 0{,}5)}} \approx 0{,}41;$$

$$k_3 = 0{,}7 \div 0{,}8,\quad k = 0{,}41,\quad M = 0{,}41\sqrt{2\cdot10^3\cdot15{,}5\cdot10^3} = 2{,}3\cdot10^3 \text{ мкгн};$$

при $f = f_{мин}$

$$K = 0,41 \cdot 12 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3}{15,3 \cdot 10^3}} \cdot \frac{1}{1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,15}\right)^2} = 2,7;$$

при $f = f_{макс}$

$$K = 0,41 \cdot 12 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3}{15,3 \cdot 10^3}} \cdot \frac{1}{1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,415}\right)^2} = 1,9;$$

при $f = f_{макс}$

$$\sigma_з = 12 \cdot \frac{\left[\left(\frac{0,415 + 2 \cdot 0,465}{0,415}\right)^2 - 1\right] \left[1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,415 + 2 \cdot 0,465}\right)^2\right]}{1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,415}\right)^2} = 120;$$

ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = 12 \frac{\left[\left(\frac{0,465}{0,415}\right)^2 - 1\right] \left[1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,465}\right)^2\right]}{1 - 0,3 \left(\frac{0,15}{0,415}\right)^2} = 3,5.$$

Расчет для коротковолнового диапазона 3,95÷12,1 мггц.

Индуктивность катушки связи, *мкгн*,

$$L_{св} = \frac{16 \div 100}{f_{мин}} = \frac{16 \div 100}{3,95} = 4 \div 25,$$

где $f_{мин}$ в *мггц*.

Коэффициент связи

$$k = \frac{0,3}{\sqrt{Q}}.$$

Взаимоиндуктивность между катушками связи и контура, *мкгн*,

$$M = k \sqrt{L_{св} L}.$$

Коэффициент передачи напряжения

$$K = (1 \div 3) 10^{-2} Q f_{мин} \cdot M,$$

где $f_{мин}$ — нижняя частота данного диапазона, *мггц*.

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q \left(\frac{f + 2f_{пр}}{f} - \frac{f}{f + 2f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *мггц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$.

Пример расчета. *Дано:* $f = 3,95 \div 12,1$ *мггц*; $Q = 100$; $L = 3,6$ *мкгн*; $f_{пр} = 0,465$ *мггц*. *Определяем:*

$$L_{св} = \frac{100}{3,95} \approx 25 \text{ мкгн};$$

$$k = \frac{0,3}{\sqrt{100}} = 0,03, \quad M = 0,03\sqrt{25\cdot 3,6} \approx 0,3 \text{ мкгн};$$

$$K = (1\div 3)\cdot 10^{-2}\cdot 100\cdot 3,95\cdot 0,3 \approx 1,2\div 3,6;$$

при $f = f_{макс}$

$$\sigma_з = 100\left(\frac{12,1+2\cdot 0,465}{12,1} - \frac{12,1}{12,1+2\cdot 0,465}\right) = 15.$$

Входная цепь с емкостной связью между контуром и антенной

Типовое значение $C_{св} = 5\div 50$ *пф* (большее значение для диапазона более низких частот). Величины L и $C_п$ определяются при расчете контура (см. стр. 129).

Расчет цепи.

Максимальное значение $C_{св1}$ (*пф*), определяемое допустимым сдвигом настройки контура:

$$C_{св1} = \frac{4\,000}{f_{макс}\sqrt{QL}},$$

где f — в *мггц* и L — в *мкгн*.

Максимальное значение $C_{св2}$, определяемое допустимым ухудшением избирательности контура, рассчитывается через вспомогательную величину

$$C_{02} = \frac{5\cdot 10^3}{\sqrt{f^3_{макс}LQ}},$$

тогда

$$C_{св2} = \frac{200\cdot C_{02}}{200 - C_{02}}.$$

Из величины $C_{св1}$ и $C_{св2}$ надо выбрать меньшую, которая и будет необходимой емкостью $C_{св}$.

Вспомогательная величина

$$C_0 = \frac{200\cdot C_{св}}{200 + C_{св}}$$

(если $C_{св} = C_{св2}$, то $C_0 = C_{02}$).

Коэффициент передачи напряжения

$$K = 4\cdot 10^{-5} C_0 LQf^2.$$

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\left[1 - \left(\frac{f}{f + 2f_{пр}}\right)^2\right],$$

где f — частота, на которую настроен контур; $f_{пр}$ — промежуточная частота, *мггц*. Расчет надо производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$.

Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = Q\left[1 - \left(\frac{f}{f_{пр}}\right)^2\right].$$

Расчет надо производить для случая настройки контура на частоту f, наиболее близкую к промежуточной.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150÷415 *кгц* = 0,15÷0,415 *мггц*;

$$Q = 12;\quad L = 2\cdot10^3\ мкгн;\quad f_{пр} = 0{,}465\ мггц.$$

Определяем:

$$C_{св1} = \frac{4\,000}{0{,}415\sqrt{12\cdot2\cdot10^3}} = 62\ пф;\quad C_{02} = \frac{5\cdot10^3}{\sqrt{0{,}415^3\cdot2\cdot10^3\cdot12}} = 120\ пф;$$

$$C_{св2} = \frac{200\cdot120}{200-120} = 300\ пф,\quad берем\ C_{св} = 62\ пф;\quad C_0 = \frac{200\cdot62}{200+62} = 47\ пф.$$

для $f = 0{,}415$ *мггц* $K = 4\cdot10^{-5}\cdot47\cdot2\cdot10^3\cdot12\cdot0{,}475^2 = 7{,}8$;

для $f = 0{,}15$ *мггц* $K = 4\cdot10^{-5}\cdot47\cdot2\cdot10^3\cdot12\cdot0{,}15^2 = 1$;

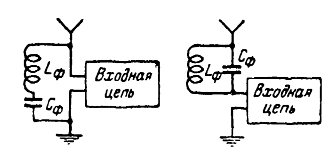
для $f = 0{,}415$ *мггц* $f_{пр} = 0{,}465$ *мггц*;

$$\sigma_з = 12\left[1 - \left(\frac{0{,}415}{0{,}415 + 2\cdot0{,}465}\right)^2\right] = 11;\quad \sigma_{пр} = 12\left[1 - \left(\frac{0{,}415}{0{,}465}\right)^2\right] = 2{,}4.$$

Фильтры для ослабления прямого приема сигналов с частотой, равной промежуточной частоте приемника

Индуктивность $L_ф$ (*мкгн*) и емкость $C_ф$ (*пф*) должны удовлетворять условию

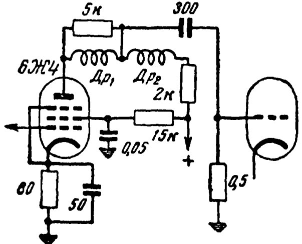
$$L_ф = \frac{2{,}53\cdot10^4}{C_ф f_{пр}^2},$$



где $f_{пр}$ — промежуточная частота, *мггц*.

Практически удобно использовать катушку и конденсатор такие же, как и в контурах усилителя промежуточной частоты.

Фильтр применяется, если входная цепь и усилитель радиочастоты дают недостаточное ослабление приема на частоте, равной промежуточной. Такие же фильтры могут быть введены в схему усилителя радиочастоты.



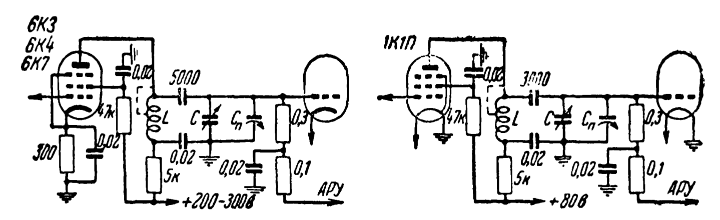
6-9. РАСЧЕТ КАСКАДА УСИЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТЫ

Ненастраиваемый (апериодический) усилитель радиочастоты

Дроссель $Др_1$ содержит 80 витков провода ПЭШО 0,15 и наматывается внавал на сопротивлении ВС-0,5 в 5 *ком*.

Дроссель $Др_2$ имеет 60 витков того же провода и также наматывается внавал на сопротивлении ВС-0,25 в 0,2 *мгом*.

Резонансный усилитель радиочастоты



Расчет схемы

Расчет индуктивности и емкости контура см. на стр. 54.

Величина предельного устойчивого усиления для выбранной лампы в данном диапазоне

$$K_у = 200\sqrt{\frac{S}{f_{макс} C_{пр}}},$$

где S — крутизна лампы, *ма/в*;

$f_{макс}$ — максимальная частота диапазона, *кгц*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (между анодом и сеткой) лампы, *пф*.

Максимальная величина эквивалентного резонансного сопротивления контура, *ком*,

$$R_к = 6{,}28\, QLf_{макс} 10^{-3},$$

где Q — добротность контура;

L — индуктивность катушки, *мкгн*;

$f_{макс}$ — максимальная частота диапазона, *мггц*.

Коэффициент трансформации, необходимый для устойчивой работы,

$$n_1 = \frac{K_у}{SR_к}.$$

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности контура,

$$n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где R_i — внутреннее сопротивление лампы, *ком*.

Из величин n_1 и n_2 надо выбрать меньшую, которая обозначается n, причем если она превышает единицу, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод усилительной лампы присоединяется к верхнему концу контура, а при $n < 1$ — к отводу от катушки L. Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее число витков катушки L.

Усиление на частоте $f_{макс}$

$$K_1 = SR_к n.$$

Усиление на частоте $f_{мин}$

$$K_2 = K_1 \frac{f_{мин}}{f_{макс}}.$$

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\left(\frac{f + 2f_{пр}}{f} - \frac{f}{f + 2f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *кгц*;

$f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда

$$f = f_{макс}.$$

Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = Q\left(\frac{f_{пр}}{f} - \frac{f}{f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда приемник настроен на частоту диапазона, наиболее близкую к промежуточной.

Постоянные сопротивления в цепях питания лампы рассчитываются по формуле

$$R = \frac{\Delta U}{I},$$

где R — сопротивление, *ком*;

ΔU — необходимое падение напряжения, *в*;

I — ток соответствующей цепи лампы, *ма*.

Мощность, рассеиваемая на сопротивлении, *вт*,

$$P = \frac{\Delta U^2}{1\,000R}.$$

Емкости конденсаторов берутся типовые, указанные на схемах.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150÷415 *кгц*; $L=2\cdot10^3$ *мкгн*, $Q=12$, лампа 6К3, $S=2$ *ма/в*; $C_{пр}=0{,}003$ *пф*; $U_a=250$ *в*; $I_a=9{,}25$ *ма*; $U_э=100$ *в*, $I_э=2{,}5$ *ма*, $R_i=800$ *ком*; $U_{c0}=-3$ *в*; напряжение источника анодного питания 300 *в*

Определяем:

$$K_y = 200\sqrt{\frac{2}{415\cdot0{,}003}} = 250; \quad R_к = 6{,}28\cdot12\cdot2\cdot10^3\cdot0{,}415\cdot10^{-3} = 62{,}5 \text{ ком};$$

$$n_1 = \frac{250}{2\cdot62{,}5} = 2; \quad n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{800}{62{,}5}} = 1{,}8; \quad n = 1;$$

при $f=415$ *кгц* $K_1 = 2\cdot62{,}5\cdot1 = 125$; при $f=150$ *кгц* $K_2 = 125\,\frac{150}{415} = 45$;

при $f=415$ *кгц* $\sigma_з = 12\left(\frac{415+2\cdot465}{415} - \frac{415}{415+2\cdot465}\right) = 35$;

$$\sigma_{пр} = 12\left(\frac{465}{415} - \frac{415}{465}\right) = 2{,}6;$$

сопротивление в анодной цепи

$$R_1 = \frac{300-250}{9{,}25} = 5{,}4 \ ком,$$

сопротивление в цепи экранной сетки

$$R_2 = \frac{300-100}{2{,}5} = 80 \ ком;$$

сопротивление в цепи катода

$$R_3 = \frac{3}{9{,}25+2{,}5} = 0{,}25 \ ком = 250 \ ом;$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в анодной цепи

$$P_1 = \frac{(300-250)^2}{1\,000 \cdot 5{,}4} = 0{,}5 \ вт;$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в цепи экранной сетки

$$P_2 = \frac{(300-100)^2}{1\,000 \cdot 80} = 0{,}5 \ вт,$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в цепи катода

$$P_3 = \frac{3^2}{1\,000 \cdot 0{,}25} = 0{,}04 \ вт$$

6-10 РАСЧЕТ ФИЛЬТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

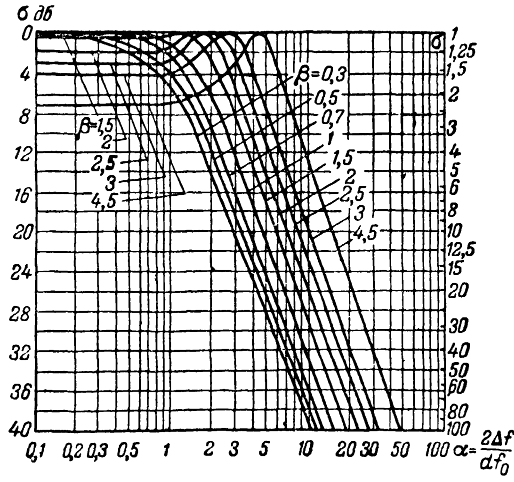
Зададимся числом m фильтров промежуточной частоты. Один из них входит в анодную цепь преобразователя частоты, остальные — в каскады усиления промежуточной частоты. Поэтому число фильтров должно быть на 1 больше числа каскадов усиления промежуточной частоты.

Считая, что общее ослабление приема на границе полосы пропускания равно 6 *дб*, определим ослабление, даваемое каждым фильтром, как

$$\sigma_1 = \frac{6}{m} \ дб.$$

Будем вести расчет для наиболее употребительных двухконтурных полосовых фильтров по обобщенным резонансным кривым, где на вертикальной оси отложена величина ослабления приема σ (в децибелах), а на горизонтальной оси даны значения обобщенной расстройки

$$\alpha = \frac{2 \cdot \Delta f}{f_{пр}} Q,$$



Обобщенные резонансные кривые для расчета фильтров промежуточной частоты.

где Δf — расстройка, *кгц*,

f_{np} — промежуточная частота, *кгц*;

Q — добротность каждого из контуров фильтра (контуры считаются одинаковыми)

Кривые построены для разных значений величины

$$\beta = kQ,$$

где k — коэффициент связи контуров.

При значениях $\beta \leqslant 1$ резонансные кривые имеют одну, а при $\beta > 1$ две вершины. Применение полосовых фильтров с двухвершинной резонансной кривой позволяет получить более высокую избирательность при прочих равных условиях, однако регулировка величины связи и настройка таких фильтров требуют наличия специальной аппаратуры. При отсутствии ее следует использовать наиболее близкую к прямоугольной одновершинную резонансную кривую, соответствующую $\beta = 1$. При наличии аппаратуры для наблюдения резонансных кривых выгоднее использовать двухвершинную кривую.

Выбрав кривую $\beta = 1$, надо отыскать на ней точку, лежащую на уровне $\sigma_1 = \frac{6}{m}$ *дб*, и прочитать соответствующее ей значение α_1. Тогда расчетное значение добротности контура

$$Q_p = \frac{\alpha_1 f_{np}}{2F_в},$$

где $F_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания.

Полученное значение Q_p надо сопоставить с конструктивно осуществимой добротностью контура $Q_к$. Для контуров с катушками, намотанными одножильным проводом на картонных каркасах без сердечников,

$$Q_к = 20 \div 30,$$

для контуров с катушками из многожильного высокочастотного провода на улучшенных каркасах с магнитодиэлектрическими сердечниками

$$Q_к = 30 \div 80$$

и для контуров, имеющих катушки с замкнутой магнитной системой из магнитодиэлектрика,

$$Q_к = 80 \div 200.$$

Если $Q_p < Q_к$, то в дальнейших расчетах следует считать $Q = Q_p$. При этом должны быть приняты меры, чтобы фактическая добротность контура была снижена до величины Q_p. В этом случае для дальнейших расчетов надо использовать выбранную кривую $\beta = 1$.

Если $Q_p > Q_к$, то в дальнейших расчетах следует считать добротность контуров равной $Q = Q_к$. При этом необходимо выбрать другую кривую. Для этого определяют величину

$$\alpha_1' = Q \frac{2F_в}{f_{np}},$$

и находят на графике точку с горизонтальной осью α_1', лежащую на уровне $\sigma_1 = \frac{6}{n}$ *дб*. Кривая, проходящая через эту точку, и должна использоваться в дальнейших расчетах вместо первоначально выбранной кривой, имевшей $\beta = 1$. Для дальнейших расчетов надо использовать значение β, указанное на этой новой кривой.

Определим величину

$$\alpha_2 = \frac{2 \cdot 10}{f_{np}} Q,$$

где Q — выбранная выше добротность контуров;

f_{np} — промежуточная частота, *кгц*;

10 — расстройка, соответствующая соседнему каналу, *кгц*.

По выбранной выше кривой определим соответствующее величине α_2 ослабление σ_2 приема по соседнему каналу, даваемое одним фильтром. Полное ослабление, создаваемое всеми фильтрами, составляет $m\sigma_2$. Эта величина приблизительно равна ослаблению приема по соседнему каналу для всего приемника. Она должна удовлетворять требованиям, указанным на стр. 110. Если ослабление $m\sigma_2$ недостаточно, то весь расчет фильтров надо произвести заново, задавшись бо́льшим числом фильтров m или используя двухвершинную резонансную кривую.

Расчет фильтров с двухвершинной резонансной кривой ведется в том же порядке, но, выбирая двухвершинную кривую, надо следить за тем, чтобы она при $\alpha = 0$ не опускалась ниже уровня $\frac{8}{m}$ *дб*. Наиболее выгодно начинать расчет именно с той кривой, которая проходит при $\alpha = 0$ на уровне $\frac{8}{m}$ *дб*.

Расчет фильтров промежуточной частоты приемника с переменной полосой пропускания производится следующим образом. Сначала фильтры рассчитываются изложенным выше способом на наименьшую верхнюю частоту полосы пропускания $F_{в\,мин}$. При этом желательно выбрать одновершинную кривую с возможно меньшим значением β.

Изменяя величину связи между контурами, можно добиться того, что общая резонансная кривая всех фильтров промежуточной частоты станет двухвершинной и опустится при $\alpha = 0$ до уровня 8 *дб*. Это соответствует наиболее широкой достижимой полосе пропускания. Если такое изменение связи производится во всех фильтрах одновременно, то наиболее широкая полоса пропускания определяется путем выбора обобщенной резонансной кривой одного фильтра, проходящей при $\alpha = 0$ на уровне $\frac{8}{m}$ *дб*, и определения величины $\alpha_{макс}$ для точки, лежащей на падающей части кривой на уровне $\frac{6}{m}$ *дб*. По этой величине определяется наибольшая верхняя частота полосы пропускания

$$F_{в\,макс} = \frac{\alpha_{макс} f_{np}}{2Q},$$

где Q — добротность контуров фильтра, принятая при расчете на наименьшую полосу пропускания.

Значение $\beta_{макс} = Qk_{макс}$ для выбранной широкой кривой определяет наибольшее необходимое значение коэффициента связи k.

Если по конструктивным соображениям величина связи меняется не во всех фильтрах, то для определения наибольшей полосы пропускания следует построить суммарную резонансную кривую всех фильтров (как тех, у которых величина β увеличена, так и тех, у которых она осталась неизменной). Для этого надо сложить величины ослаблений σ, даваемых разными фильтрами, определяя их для одинаковых значений α по кривым с соответствующими значениями β. Путем таких построений надо подобрать значение β для того фильтра, в котором меняется связь, с таким расчетом, чтобы общая резонансная кривая была двухвершинной и при $\alpha = 0$ проходила на уровне 8 *дб*. Подобрав такую кривую, определяют значение $\alpha_{макс}$, соответствующее точке, лежащей на падающей части этой кривой на уровне 6 *дб*. По этому значению находят наибольшую полосу пропускания, пользуясь соотношением $F_{в\,макс} = \frac{\alpha_{макс} f_{пр}}{2Q}$. Наибольшее значение β, принятое для фильтра с переменной связью, определяет, как и в предыдущем случае, максимальное значение коэффициента связи для этого фильтра.

Емкость C каждого контура выбирается в пределах 50—200 *пф*. При этом надо иметь в виду, что увеличение емкости повышает устойчивость работы усилителя, но уменьшает величину усиления, даваемого каждым каскадом промежуточной частоты.

Индуктивность каждой катушки, *мкгн*,

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f_{пр}^2 C},$$

где $f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*.

При конструктивной величине добротности $Q_к$, превышающей требуемую величину Q больше, чем на 20—25%, каждый контур должен быть зашунтирован дополнительным сопротивлением, *ком*,

$$R_ш = \frac{6{,}28 f_{пр} L}{\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_к}}.$$

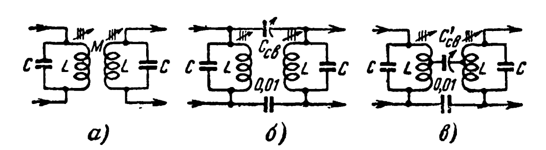
Если величина $R_ш$ получается порядка 10^3 *ком* или более, то это сопротивление можно не ставить.

Взаимоиндуктивность между катушками фильтра при индуктивной связи (схема *а*)

$$M = kL = \frac{\beta}{Q} L.$$

При использовании емкостной связи (схема *б*)

$$C_{св} = kC = \frac{\beta}{Q} C.$$



Схемы двухконтурных фильтров промежуточной частоты с различной связью между контурами.
В схемах б и в катушки L должны быть экранированы одна от другой

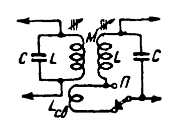


Схема фильтра с переменной полосой пропускания. Дополнительная обмотка $L_{св}$ из четырех-пяти витков должна быть сильно связана с катушкой L первичного контура.

Если величина $C_{св}$ получается чрезмерно малой, можно использовать схему неполной емкостной связи (схема в). В этом случае емкость конденсатора связи

$$C'_{св}=C\left(\frac{w_1}{w}\right)^2,$$

где w — полное число витков каждой катушки;

w_1 — число витков между отводом и нижним (на схеме) концом катушки.

Пример расчета. *Дано*: $m=2$; $F_в=4$ *кгц*; $f_{пр}=465$ *кгц*.

Определяем:

$$\sigma_1=\frac{6}{2}=3\ дб;\quad \beta=1;\quad \alpha_1=1{,}5;$$

$$Q_p=\frac{1{,}5\cdot 465}{2\cdot 4}=88.$$

Первый случай: $Q_к=100$, $Q_p<Q_к$; $Q=88$, $\alpha_2=88\frac{2\cdot 10}{465}=3{,}8$, $\sigma_2=17$ *дб*; общее ослабление равно $2\cdot 17=34$ *дб*.

Второй случай: $Q_к=50$; $Q_p>Q_к$; $Q=50$; $\alpha'_1=50\frac{2\cdot 4}{465}=0{,}85$;

берем кривую $\beta=0{,}7$, $\alpha_2=50\frac{2\cdot 10}{465}=2{,}15$; $\sigma_2=12$ *дб*; общее ослабление равно $2\cdot 12=24$ *дб*

$$C=200\ пф;\quad L=\frac{2{,}53\cdot 10^{10}}{465^2\cdot 200}=590\ мкгн.$$

Для первого случая:

$$R_ш=\frac{6{,}28\cdot 465\cdot 590}{\frac{1}{88}-\frac{1}{100}}>1\,000\ ком$$ (сопротивление такой величины можно не ставить);

$$M=kL=\frac{\beta L}{Q}=\frac{1\cdot 590}{88}=6{,}7\ мкгн.$$

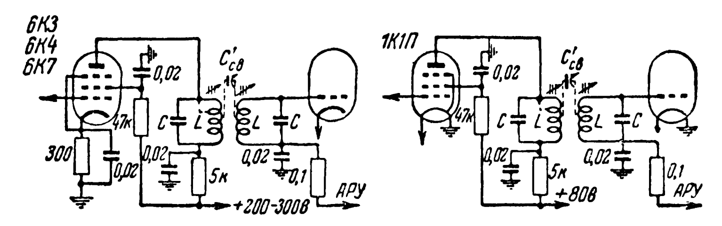
6-11. РАСЧЕТ УСИЛИТЕЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Величина предельного устойчивого усиления для выбранной лампы

$$K_у=200\sqrt{\frac{S}{f_{пр}C_{пр}}},$$

где S — крутизна лампы, *ма/в*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (между анодом и сеткой) лампы, *пф*;
$f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*.



Схемы усилителей промежуточной частоты.

Эквивалентное резонансное сопротивление (*ком*)

$$R_к = 6{,}28QLf_{пр}10^{-6},$$

где L (*мкгн*) и Q известны из расчета фильтра промежуточной частоты.

Коэффициент трансформации, необходимый для устойчивой работы,

$$n_1 = \frac{K_у}{SR_к}.$$

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности,

$$n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где R_i — внутреннее сопротивление усилительной лампы, *ком*.

Из величин n_1 и n_2 надо выбрать меньшую, которая обозначается n, причем, если она превышает единицу, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод усилительной лампы присоединяется к верхнему концу первичного контура, а при $n < 1$ — к отводу от катушки. Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее число витков катушки.

Усиление каскада

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2}SR_к.$$

Возможность присоединения детектора к верхнему и нижнему концам последнего контура промежуточной частоты определяется путем расчета вспомогательной величины

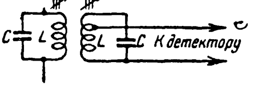
$$n_д = 0{,}5\sqrt{\frac{R_{вх}}{R_к}},$$

где $R_{вх}$ — входное сопротивление детектора, *ком*.

При $n_д \geqslant 1$ указанное присоединение допустимо. Если же $n_д < 1$, то детектор должен быть присоединен к отводу от катушки L, при-

чем между отводом и нижним концом катушки должно быть $n_д w$ витков, где w — полное число витков катушки. В этом случае коэффициент усиления последнего каскада промежуточной частоты

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2} SR_к n \cdot n_д .$$



Контур усилителя промежуточной частоты с отводом от катушки L.

Сопротивления в цепях электродов усилительной лампы рассчитываются так же, как и для усилителя радиочастоты. Емкости схемы усилителя промежуточной частоты берутся типовые.

Пример расчета. *Дано:* $f_{пр} = 465$ *кгц*; $L = 600$ *мкгн*, $Q = 88$; $\beta = 1$ (из расчета полосового фильтра), лампа — 6К3 ($S = 2$ *ма/в*, $C_{пр} = 0{,}003$ *пф*, $R_i = 800$ *ком*); $R_{вх} = 200$ *ком*.

Определяем.

$$K_y = 200\sqrt{\frac{2}{465 \cdot 0{,}003}} = 240, \quad R_к = 6{,}28 \cdot 88 \cdot 600 \cdot 465 \cdot 10^{-6} = 155 \text{ ком},$$

$$n_1 = \frac{240}{2 \cdot 155} \approx 0{,}82; \quad n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{800}{310}} \approx 0{,}8;$$

$$n = 0{,}8; \quad n_д = 0{,}5\sqrt{\frac{200}{155}} = 0{,}6; \quad K = \frac{1}{1+1^2} \cdot 2 \cdot 155 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}6 \approx 75.$$

6-12. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Смесительные каскады (с отдельным гетеродином).

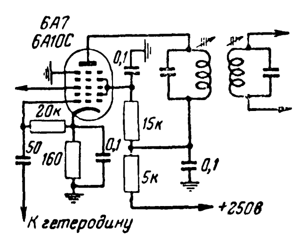


Схема включения ламп 6А7 и 6А10С в смесительный каскад.
Лампа 1А1П включается по такой же схеме, но без сопротивления и емкости в цепи катода.

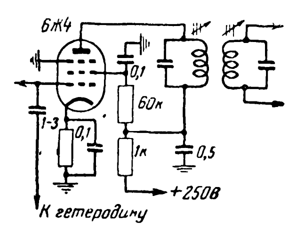
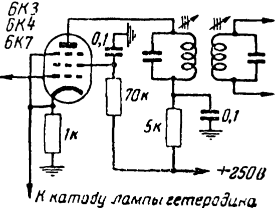
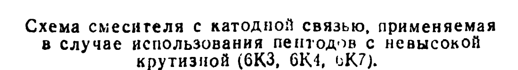


Схема смесителя с пентодом 6Ж4.
Схема обеспечивает усиление, в несколько раз большее, чем при использовании других ламп.
Сопротивление в цепи катода лампы рекомендуется подбирать в пределах 500—2 000 *ом*.




Схема смесителя с катодной связью, применяемая в случае использования пентодов с невысокой крутизной (6К3, 6К4, 6К7).

Гетеродины (элементы контура рассчитываются по кривым на стр. 147).

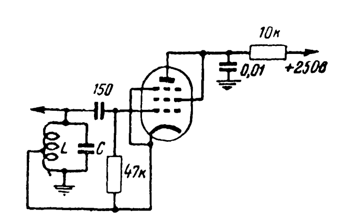


Схема гетеродина с заземленным анодом и автотрансформаторной обратной связью.
Рекомендуется применение ламп с высокой крутизной (6А7 с присоединением всех сеток, кроме первой и пятой, к аноду).

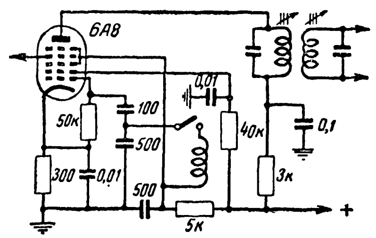


Схема гетеродина, удобная для переключения фиксированных настроек.
Смена настроек производится путем включения различных катушек, заранее настроенных на нужные частоты магнитодиэлектрическими сердечниками.
Обратная связь емкостная.

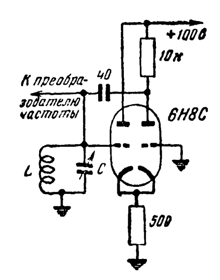


Схема гетеродина с двойным триодом 6Н8С.

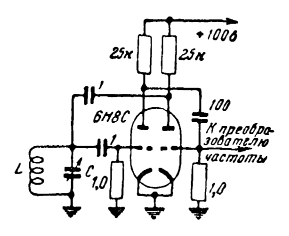
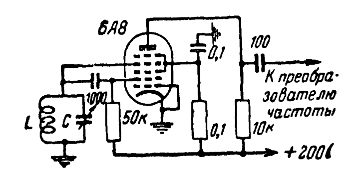
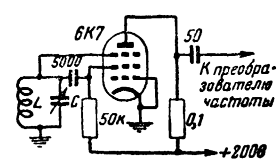


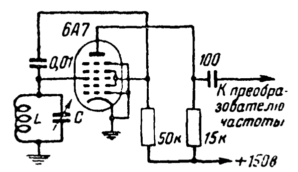
Схема гетеродина с двойным триодом 6Н8С.
В области низких частот емкости связи вместо 1 *пф* должны быть равны 5—10 *пф*.



Транзитронная схема с лампой 6А8.



Транзитронная схема с лампой 6К7, 6К3, 6К4, 1К1П или 2К2М.



Транзитронная схема с лампой 6А7 6А10С, 1А1П или 6А2П.

Преобразовательные каскады (с внутренним гетеродином).

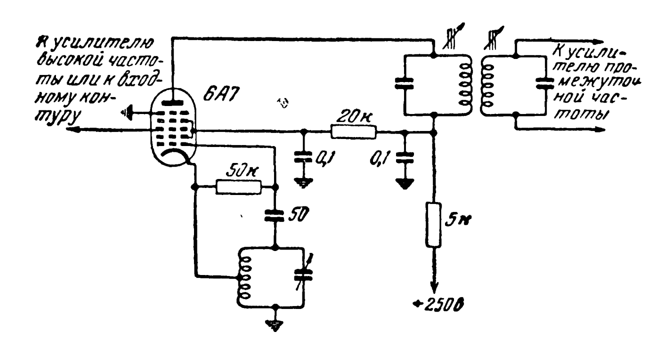


Схема преобразователя с лампой 6А7, 6А10С, 6А2П или 1А1П. При использовании лампы 6А7 или 6А10С переменное напряжение гетеродина между катодом лампы и шасси должно быть порядка 1,4 *в*.

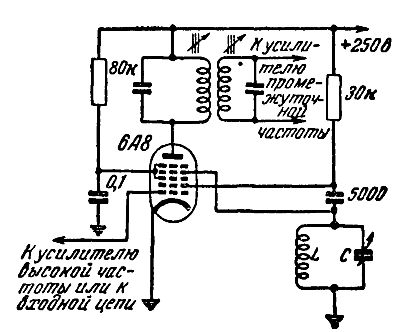


Схема преобразователя с лампой 6А8 (гетеродин выполнен по транзитронной схеме).

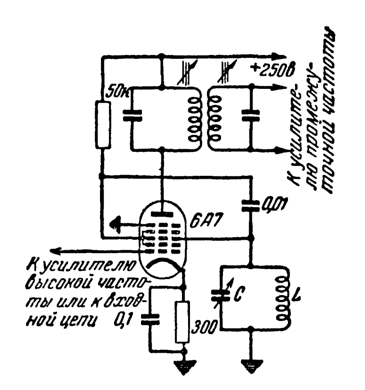


Схема преобразователя с лампой 6А7 или 6А10С (гетеродин выполнен по транзитронной схеме).

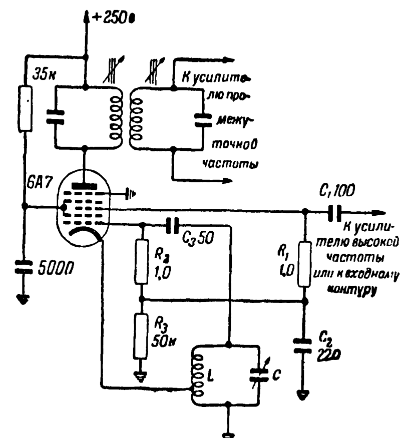


Схема преобразователя с автоматической компенсацией влияния изменений напряжения гетеродина (с лампой 6А7 или 6А10С)

Расчет преобразовательного каскада

Для упрощения конструкции фильтр промежуточной частоты в анодной цепи преобразователя частоты всегда используется такой же, как и в каскадах усиления промежуточной частоты.

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности,

$$n = 0{,}5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где $R_к$ — резонансное сопротивление контура, известное из расчета каскада усиления промежуточной частоты, *ком*;

R_i — внутреннее сопротивление преобразовательной лампы, *ком*.

Если величина $n > 1$, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод преобразовательной лампы присоединяется к верхнему концу первичного контура фильтра, а при $n < 1$ — к отводу от катушки. Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее число витков катушки.

Усиление каскада

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2} R_к S_п n,$$

где $S_п$ — крутизна преобразования лампы, приводимая в таблицах справочных данных по лампам. При отсутствии этой величины можно считать $S_п \approx \frac{1}{4} S$, где S — крутизна лампы в режиме обычного усиления.

Пример расчета. *Дано:* полосовой фильтр с параметрами $R_к = 155$ *ком*; $\beta = 1$ (из расчета на стр. 143), лампа — 6А7 ($S_п = 0{,}45$ *ма/в*, $R_i = 1\,000$ *ком*).

Определяем:

$$n = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1\,000}{155}} \approx 1{,}2;$$

$$K = \frac{1}{1+1^2} \cdot 155 \cdot 0{,}45 \cdot 1 \approx 35.$$

В схеме контура гетеродина параллельно конденсатору переменной емкости C присоединяется подстроечный конденсатор $C_п$ такой же величины, как и во входной цепи. Расчет прочих величин производится следующим образом

Определяется средняя частота данного диапазона

$$f_{ср} = \frac{f_{макс} + f_{мин}}{2}.$$

Определяются вспомогательные величины:

$$C_к = C + C_п;$$

$$n = \frac{f_{пр}}{f_{ср}}.$$

Схема контура гетеродина.

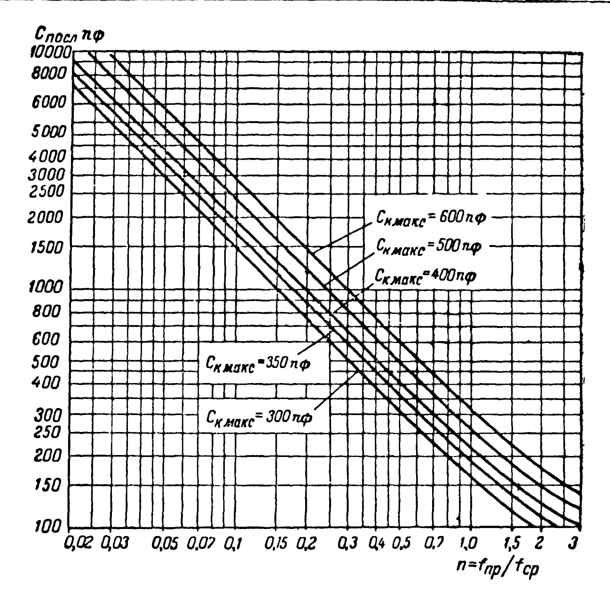


График для расчета емкости $C_{посл}$.

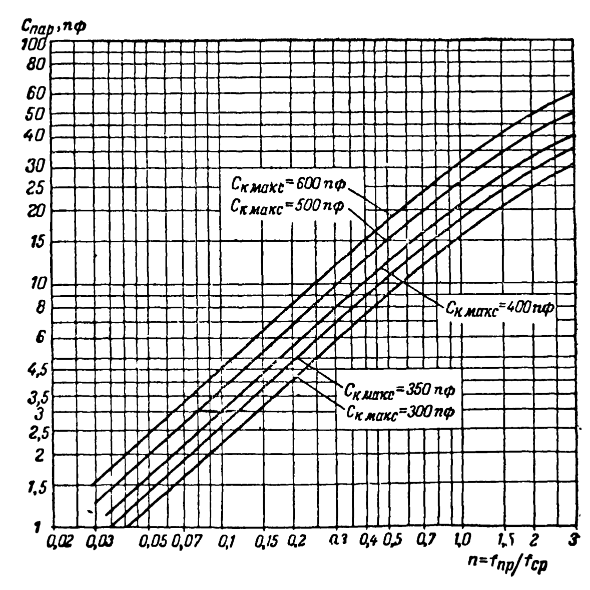


График для расчета емкости $C_{пар}$

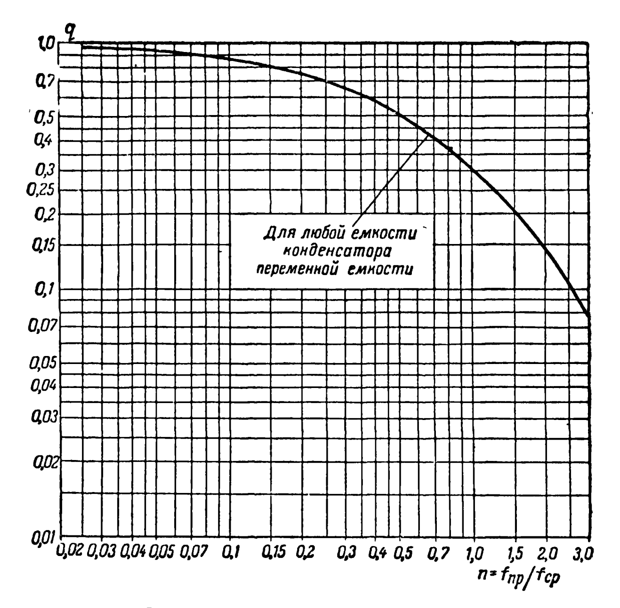


График для расчета индуктивности.

По графикам для расчета сопряжения контуров определяют емкость $C_{посл}$, емкость $C_{пар}$ и коэффициент q, при помощи которого определяют величину индуктивности контура гетеродина

$$L_{гет} = qL,$$

где L — индуктивность контура входной цепи.

Расчет обратной связи затруднителен; величину ее рекомендуется подбирать опытным путем.

Пример расчета. *Дано:* диапазон 150 ÷ 415 *кгц*; L=2 000 *мкгн*; $C_{макс}$=550 *пф*; $f_{пр}$ = 465 *кгц*.

Определяем:

$$f_{ср} = \frac{415 + 150}{2} = 282{,}5 \text{ кгц}; \quad n = \frac{465}{282{,}5} = 1{,}64;$$

$$C_{посл} = 200 \text{ пф}; \quad C_{пар} = 40 \text{ пф}; \quad q = 0{,}18;$$

$$L_{гет} = 0{,}18 \cdot 2\,000 = 375 \text{ мкгн}.$$

6-13. ДЕТЕКТОРЫ СИГНАЛА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ УСИЛЕНИЯ (АРУ)

Диодные детекторы

Расчет диодного детектора

Входное сопротивление

$$R_{вх} = 0{,}5\,(R_1 + R_2).$$

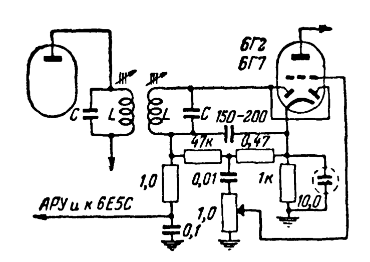


Схема детектора сигнала и АРУ (без задержки) с лампой 6Г7 или 6Г2.

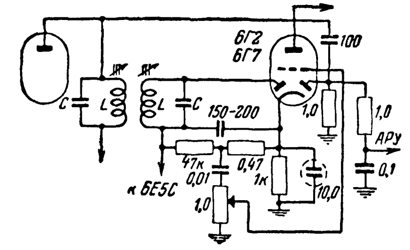


Схема детектора сигнала и АРУ (с задержкой, равной напряжению сеточного смещения триодной части лампы) с лампой 6Г7 или 6Г2.

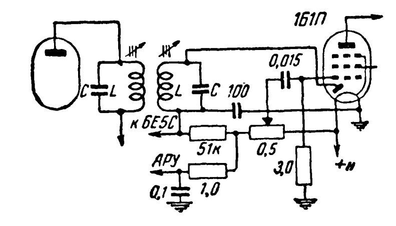


Схема детектора сигнала и АРУ (без задержки) с лампой 1Б1П.

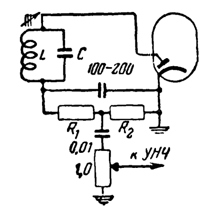


Схема к расчету диодного детектора.

Коэффициент детектирования

$$K_д = \frac{1}{1 + \frac{5R_д}{R_1 + R_2}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

где $R_д$ — внутреннее сопротивление диода (обычно около 1 000 *ом*).

Амплитуда звукового напряжения на выходе детектора при 100% модуляции

$$U_{m\,вых} = \sqrt{2}\,K_д\,U_{вх},$$

где $U_{вх}$ — действующее значение высокочастотного напряжения на входе детектора (для неискаженного детектирования оно должно быть не менее 0,3 *в*).

Пример расчета. *Дано:* $R_1 = 47$ *ком*; $R_2 = 0{,}47$ *мгом*, $U_{вх} = 0{,}6$ *в*.

Определяем:

$$R_{вх} = 0{,}5\,(47 + 470) \approx 250\ ком;$$

$$K_д = \frac{1}{1 + \frac{5 \cdot 1}{47 + 470}} \cdot \frac{470}{47 + 470} = 0{,}9;$$

$$U_{m\,вых} = \sqrt{2} \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}6 \approx 0{,}76\ в.$$

Другие типы детекторов

Катодный детектор обладает высоким входным сопротивлением и слабо шунтирует предшествующий контур. По остальным показателям подобен диодному детектору. Коэффициент детектирования незначительно меньше единицы. При малой емкости в цепи катода склонен к самовозбуждению.

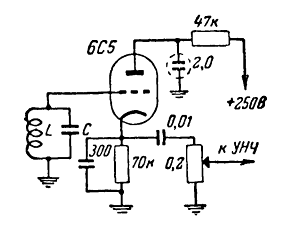


Схема катодного детектора.

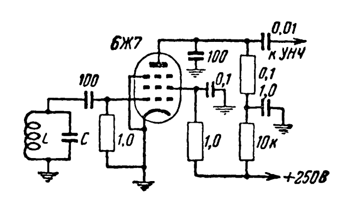


Схема сеточного детектора.

Сеточный детектор обладает высокой чувствительностью, но дает заметные искажения. Обычно применяется в схемах с обратной связью.

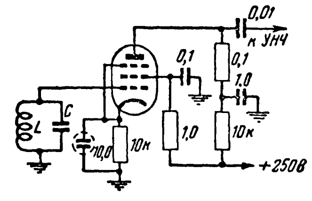
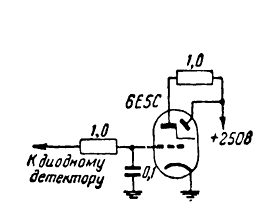


Схема анодного детектора.

Анодный детектор подобно катодному детектору слабо нагружает предшествующий контур, но обладает малой чувствительностью и дает сильные искажения. Лампа должна иметь резкий перегиб сеточной характеристики анодного тока (пентоды типа Ж).

6-14. ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ



Обычная схема индикатора настройки с лампой 6Е5С.

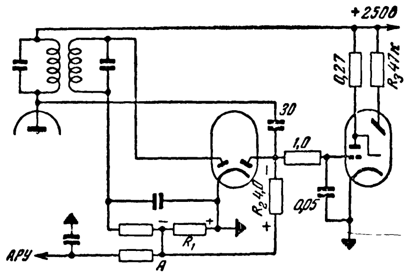


Схема индикатора настройки с повышенной чувствительностью.

6-15. СХЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

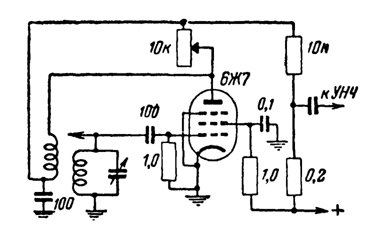


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи переменным сопротивлением, шунтирующим катушку обратной связи.

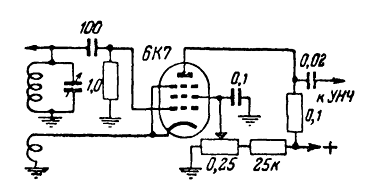


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи переменным сопротивлением, изменяющим напряжение на экранной сетке лампы.

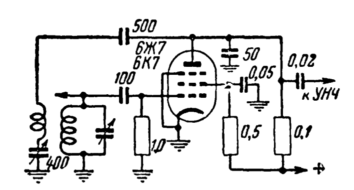


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи конденсатором переменной емкости.

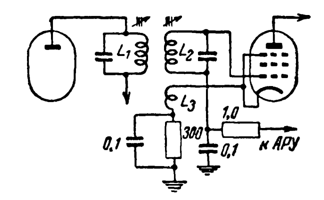
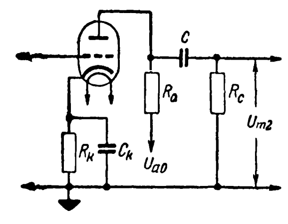


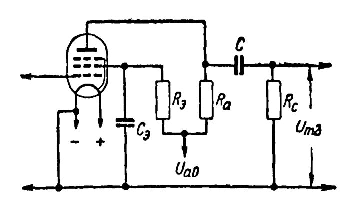
Схема каскада промежуточной частоты с постоянной обратной связью Катушка L_3 имеет 15—30 витков, намотанных возле катушки L_2.

6-16. УСИЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С РЕОСТАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В приводимых ниже таблицах указаны величины сопротивлений и емкостей, составляющих схему усилителя низкой частоты с реостатной связью при использовании ламп типов 6Г2, 12Г2, 6Б8С, 6Н8С, 6С2С, 1Б1П, 6Ж8 и 12Ж8 для различных величин напряжений U_{a0} источника анодного питания.



Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью на триоде с косвенным накалом (6Г2, 12Г2, 6С2С, 6Н8С).



Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью на пентоде с прямым накалом (1Б1П).

Двойные диод-триоды 6Г2 и 12Г2

U_{a_0}, в	R_a, мгом	R_c, мгом	$R_к$, ком	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	2,6	3,3	0,025	16	29
		0,25	2,9	2,9	0,015	22	36
		0,5	3	2,7	0,007	23	37
	0,25	0,25	4,3	2,1	0,015	21	43
		0,5	4,8	1,8	0,007	28	50
		1	5,3	1,5	0,004	33	53
	0,5	0,5	7	1,3	0,007	25	52
		1	8	1,1	0,004	33	57
		2	8,8	0,9	0,002	38	58
300	0,1	0,1	1,9	4	0,03	31	31
		0,25	2,2	3,5	0,015	41	39
		0,5	2,3	3	0,007	45	42
	0,25	0,25	3,3	2,7	0,015	42	48
		0,5	3,9	2	0,007	51	53
		1	4,2	1,8	0,004	60	56
	0,5	0,5	5,3	1,6	0,007	47	58
		1	6,1	1,3	0,004	62	60
		2	7	1,2	0,002	67	63

Триод 6С2С и двойной триод 6Н8С

U_{a_0}, в	R_a, мгом	R_c, мгом	$R_к$, ком	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,05	0,05	1,19	3,27	0,06	24	13
		0,1	1,49	2,86	0,032	30	13
		0,25	1,74	2,06	0,0115	36	13
	0,1	0,1	2,33	2,19	0,038	26	14
		0,25	2,83	1,35	0,012	34	14
		0,5	3,23	1,15	0,006	38	14
	0,25	0,25	5,56	0,81	0,013	28	14
		0,5	7	0,62	0,007	36	14
		1	8,11	0,5	0,004	40	14
300	0,05	0,05	1,02	3,56	0,06	41	13
		0,1	1,27	2,96	0,034	51	14
		0,25	1,5	2,15	0,012	60	14
	0,1	0,1	1,9	2,31	0,035	43	14
		0,25	2,44	1,42	0,0125	56	14
		0,5	2,7	1,2	0,0065	61	14
	0,25	0,25	4,59	0,87	0,013	46	14
		0,5	5,77	0,64	0,0075	57	14
		1	6,95	0,54	0,004	64	14

Диод-пентод 1Б1П

U_{a_0}, в	R_a, мгом	R_c, мгом	$R_э$, мгом	$C_э$, мкф	C, мкф	U_{m2}, в	K
6	0,22	0,22	0,26	0,042	0,013	14	17
		0,47	0,36	0,035	0,006	17	24
		1	0,4	0,034	0,004	18	28
	0,47	0,47	0,82	0,025	0,0055	14	25
		1	1	0,023	0,003	17	33
		2,2	1,1	0,022	0,002	18	38
	1	1	1,9	0,019	0,003	14	31
		2,2	2	0,019	0,002	17	38
		3,3	2,2	0,018	0,0015	18	43
90	0,22	0,22	0,5	0,05	0,011	31	25
		0,47	0,59	0,05	0,006	37	34
		1	0,67	0,042	0,003	40	41
	0,47	0,47	1,2	0,035	0,005	31	37
		1	1,4	0,034	0,003	36	47
		2,2	1,6	0,031	0,002	40	57
	1	1	2,5	0,026	0,003	31	45
		2,2	2,9	0,025	0,002	36	58
		3,3	3,1	0,024	0,0012	38	66

Пентоды 6Ж8 и 12Ж8

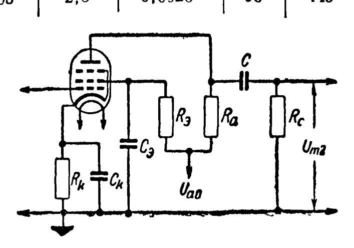
U_{a_0}, в	R_a, мгом	R_c, мгом	$R_э$, мгом	$R_к$, ком	$C_э$, мкф	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	0,29	0,76	0,1	9,1	0,019	49	55
		0,25	0,31	0,8	0,09	8	0,015	60	82
		0,5	0,37	0,86	0,09	7,8	0,007	62	91
	0,25	0,25	0,83	1,05	0,06	6,8	0,001	38	109
		0,5	0,94	1,06	0,06	6,6	0,004	47	131
		1	0,94	1,1	0,07	6,1	0,003	54	161
	0,5	0,5	1,85	2	0,05	4	0,003	37	151
		1	2,2	2,18	0,04	3,8	0,002	44	192
		2	2,4	2,41	0,035	3,6	0,0015	54	208
300	0,1	0,1	0,35	0,5	0,1	11,6	0,019	72	67
		0,25	0,37	0,53	0,09	10,9	0,016	96	98
		0,5	0,47	0,59	0,09	9,9	0,007	101	104
	0,25	0,25	0,89	0,85	0,07	8,5	0,011	79	139
		0,5	1,1	0,86	0,06	7,4	0,004	88	167
		1	1,18	0,91	0,06	6,9	0,003	98	185
	0,5	0,5	2	1,3	0,06	6	0,004	64	200
		1	2,2	1,41	0,05	5,8	0,002	79	238
		2	2,5	1,53	0,04	5,2	0,0015	89	263

Двойной диод-пентод 6Б8С

U_{a_0}, в	R_a, мгом	R_c, мгом	$R_в$, мгом	$R_к$, ком	$C_э$, мкф	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	0,44	1	0,08	4,4	0,02	30	30
		0,25	0,5	1,2	0,08	4,4	0,015	52	41
		0,5	0,6	1,2	0,07	4	0,008	53	46
	0,25	0,25	1,18	1,9	0,05	2,7	0,01	39	55
		0,5	1,2	2,1	0,06	3,2	0,007	55	69
		1	1,5	2,2	0,05	3	0,003	53	83
	0,5	0,5	2,6	3,3	0,04	2,1	0,005	47	81
		1	2,8	3,5	0,04	2	0,003	55	115
		2	3	3,5	0,04	2,2	0,002	53	116
300	0,1	0,1	0,5	0,95	0,09	4,6	0,025	60	36
		0,25	0,55	1,1	0,09	5	0,015	89	47
		0,5	0,6	0,9	0,08	4,8	0,009	86	54
	0,25	0,25	1,2	1,5	0,06	3,2	0,015	70	64
		0,5	1,2	1,6	0,06	3,5	0,008	100	79
		1	1,5	1,8	0,08	4	0,004	95	100
	0,5	0,5	2,7	2,4	0,05	2,5	0,006	80	96
		1	2,9	2,5	0,05	2,3	0,003	120	150
		2	3,4	2,8	0,05	2,8	0,0025	90	145

В таблицах указаны также соответствующие различным режимам работы величины коэффициентов усиления K на средних частотах (400 ÷ 1 000 *гц*) и максимальные амплитуды выходного напряжения U_{m2}.

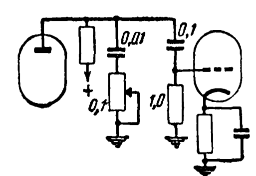
Приведенные значения сопротивлений и емкостей получены расчетным путем, поэтому при подборе деталей они должны быть округлены.



Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью на пентоде с косвенным накалом (6Ж8, 12Ж8, 6Б8С).

6-17. РЕГУЛЯТОРЫ ТЕМБРА И ГРОМКОСТИ

Регуляторы тембра



Простейшая схема регулировки тембра (изменяет воспроизведение только в области высших звуковых частот путем шунтирования выхода усилителя емкостной цепью).

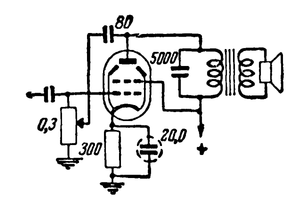


Схема регулировки усиления в области высших звуковых частот при помощи отрицательной обратной связи.

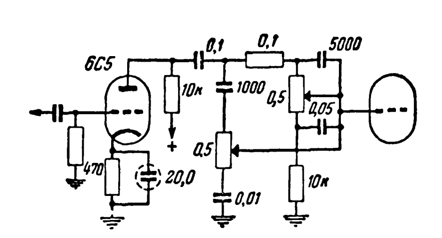


Схема регулировки тембра в области высших и низших звуковых частот (пределы регулирования от + 10 до — 20 *дб*).

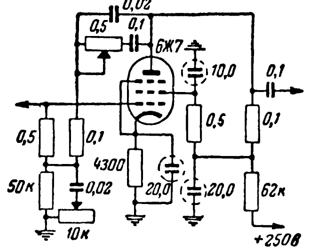
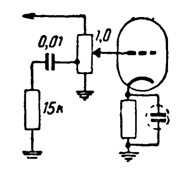


Схема регулировки тембра в области высших и низших звуковых частот при помощи отрицательной обратной связи.

Компенсированные регуляторы громкости



Простейшая схема регулировки громкости с компенсацией в области низких звуковых частот (сопротивление потенциометра между отводом и заземлением должно быть порядка 0,2 *мгом*)

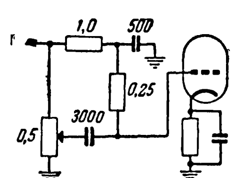
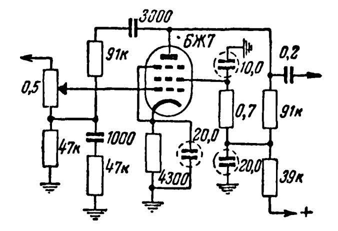
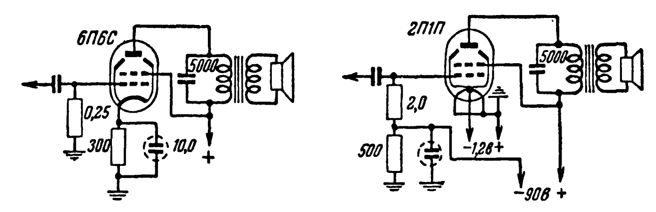


Схема регулировки громкости с компенсацией в области низших звуковых частот, не требующая специального потенциометра с отводом.



Эффективная схема регулировки громкости с компенсацией в области высших и низших звуковых частот, использующая отрицательную обратную связь.

6-18. ОДНОТАКТНЫЕ ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ



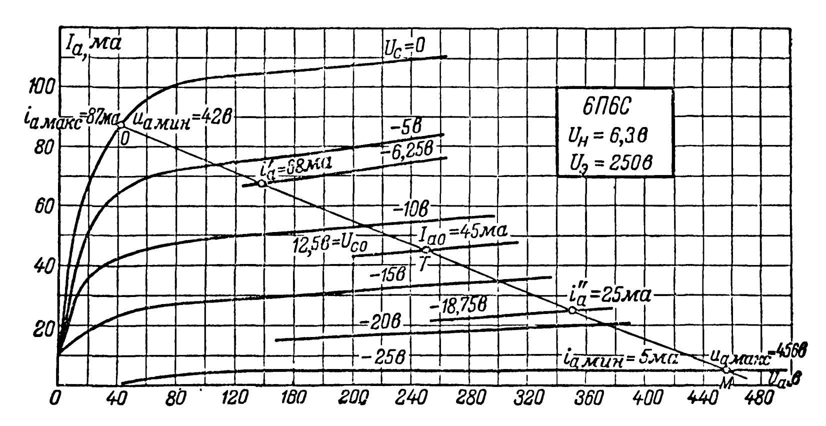
Типовые режимы работы ламп в оконечных каскадах приводятся в таблицах справочных данных по радиолампам. Необходимость в расчетах возникает лишь при желании использовать режимы, отличные от типовых.

Расчет режима однотактного каскада с пентодом или лучевым тетродом

Постоянное напряжение на аноде $U_{a0'}$ (*в*) принимается порядка 0,9 от напряжения источника питания. Постоянное напряжение на экран-

ной сетке $U_э$ (*в*) выбирается в соответствии с выбранным напряжением на аноде.

По анодным характеристикам выбранной лампы определяется ток $i_{a\ макс}$ (*ма*), соответствующий сгибу характеристики для $U_c = 0$. Соответствующая точка характеристики обозначается O Затем определяется величина напряжения на аноде для этой точки $u_{a\ мин}$, *в*.



Выбирается минимальный анодный ток $i_{a\ мин}$ (*ма*) порядка 0,1 ÷ 0,05 от $i_{a\ макс}$.

Напряжение на управляющей сетке, примерно соответствующее $i_{a\ мин}$, принимается за максимальное отрицательное значение этого напряжения $U_{c\ макс}$, *в*.

Постоянное отрицательное смещение на сетке

$$U_{c0} = \frac{1}{2} U_{c\ макс}.$$

Максимальная амплитуда переменного напряжения между сеткой и катодом

$$U_{mc} = U_{c0}.$$

Пересечение вертикальной линии, соответствующей U_{a0}, с характеристикой при U_{c0} определяет рабочую точку T и постоянную составляющую анодного тока I_{a0} (*ма*).

Мощность, рассеиваемая на аноде в режиме покоя, *вт*,

$$P = \frac{U_{a0} I_{a0}}{1\,000}.$$

Необходимо, чтобы эта мощность не превышала предельно допустимой для данной лампы, которая указывается в справочных данных по лампам. В противном случае нужно выбрать другую рабочую точку T.

Через точки OT проводится прямая (нагрузочная линия) до пересечения в точке M с характеристикой, соответствующей $U_c =$

$= U_{c\ макс}$. Точка M определяет точные значения $i_{a\ мин}$, *ма*, и $u_{a\ макс}$, *в*.

При данном наклоне нагрузочной линии отдаваемая в нагрузку мощность, *ва*,

$$P_{\sim} = \frac{\eta}{8\,000}(i_{a\ макс} - i_{a\ мин})(u_{a\ макс} - u_{a\ мин}).$$

Здесь к. п. д. трансформатора η имеет величину 0,7—0,75 при $P_{\sim} \leqslant 5$ *ва* и 0,8 — 0,85 при $P_{\sim} > 5$ *ва*.

Коэффициент второй гармоники

$$\gamma_2 = \frac{0{,}5\,(i_{a\ макс} + i_{a\ мин}) - i_{a0}}{i_{a\ макс} - i_{a\ мин}}.$$

Коэффициент третьей гармоники

$$\gamma_3 = \frac{2\,(i'_a - i''_a) - (i_{a\ макс} - i_{a\ мин})}{2\,(i_{a\ макс} + i'_a - i_{a\ мин} - i''_a)},$$

где i'_a — анодный ток, определяемый пересечением нагрузочной прямой с характеристикой для $U_c = 0{,}5U_{c0}$;

i''_a — то же, для $U_c = 1{,}5U_{c0}$.

Общий коэффициент гармоник

$$\gamma = \sqrt{\gamma_2^2 + \gamma_3^2}.$$

Амплитуда переменной составляющей анодного тока, *ма*,

$$I_{ma} = \frac{1}{2}(i_{a\ макс} - i_{a\ мин}).$$

Амплитуда переменной составляющей напряжения на первичной обмотке трансформатора, *в*,

$$U_{ma} = \frac{1}{2}(u_{a\ макс} - u_{a\ мин}).$$

Величина сопротивления анодной цепи, *ом*,

$$R_a = 1\,000\,\frac{U_{ma}}{I_{ma}}.$$

Если по расчету получается недостаточная величина $P_{\sim}$ или недопустимо большой коэффициент γ, то нужно изменить наклон нагрузочной линии (поворачивая ее около рабочей точки T и соответственно перемещая точки O и M, в которых она пересекает характеристики для $U_c = 0$ и $U_c = -U_{c\ макс}$), использовать другую рабочую точку или повысить напряжение U_{a0}, но не превышая максимально допустимого для данной лампы. При этом надо проверить, не превышает ли мощность рассеяния на аноде допустимую величину.

Сопротивление автоматического смещения в катодной цепи, *ом*,

$$R_к = \frac{1\,000 U_{c0}}{I_{a0} + I_э},$$

где $I_э$ — ток экранной сетки лампы, *ма*.

Пример расчета. Дано: лампа 6П6С; U_{a0}=250 *в*; $U_э$ = 250 *в*.

Определяем:

$i_{a\ макс}$=87 *ма*; $u_{a\ мин}$=42 *в*; $i_{a\ мин}$=5 *ма*; $u_{a\ макс}$ = 456 *в*; $-U_{c\ макс}$ = $-$25 *в*;

$$-U_{c0} = -\frac{25}{2} = -12{,}5\ в;\ I_{a0}=45\ ма;\ P_a = \frac{250 \cdot 45}{1\,000} = 10\ вт < P_{a\ макс} = 13{,}2\ вт;$$

$$P_{\sim} = \frac{0{,}75}{8\,000}(87-5)\cdot(456-42) = 3{,}2\ ва;\quad \gamma_2 = \frac{0{,}5\,(87+5)-45}{87-5} = 1{,}2\%;$$

$$i'_a = 68\ ма;\quad i''_a = 25\ ма;\quad \gamma_3 = \frac{2\,(68-240)-(87-5)}{2\,(87+68-25-5)} = 2{,}5\%;\quad \gamma = \sqrt{1{,}2^2 + 2{,}5^2} = 2{,}7\%;$$

$$I_{ma} = \frac{87-5}{2} = 41\ ма;\ U_{ma} = \frac{456-42}{2} = 208\ в;\quad R_a = 1\,000\,\frac{208}{41} = 5\,000\ ом;$$

$$I_э = 7{,}5\ ма;\ R_к = \frac{12{,}5 \cdot 1\,000}{45+7{,}5} = 240\ ом.$$

Расчет выходного трансформатора для однотактного каскада

Необходимая индуктивность первичной обмотки, *гн*,

$$L = \frac{R_a}{7F_н},$$

где R_a — необходимое сопротивление в анодной цепи усилительной лампы, *ом*;

$F_н$ — нижняя усиливаемая частота, *гц*.

Минимальное сечение сердечника, *см²*,

$$q = \frac{I_{a0}^2 L}{3\,000},$$

где I_{a0} — постоянная составляющая анодного тока, *ма*.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = 800\sqrt{L\frac{l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии в выбранном сердечнике, *см*.

Коэффициент трансформации

$$n = \sqrt{\frac{R_a}{1{,}2R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, *ом*.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{w_1}{n}.$$

Диаметр провода для первичной обмотки, *мм*,

$$d_1 = 0{,}022 \sqrt[4]{I_{a0}^2 + \frac{I_{ma}^2}{2}},$$

где I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока, *ма*.

Диаметр провода для вторичной обмотки, *мм*,

$$d_2 = 0{,}7 \sqrt[4]{\frac{P_\sim}{R_н}}.$$

Толщина зазора сердечника (*мм*)

$$D = \frac{w_1 I_{a0}}{16} \cdot 10^{-5}.$$

Пример расчета. *Дано:* $P_\sim = 3$ *ва*; $F_н = 100$ *гц*; $R_a = 5\,000$ *ом*, $R_н = 3$ *ом*; $I_{a0} = 45$ *ма*; $I_{ma} = 41$ *ма*.

Определяем:

$$L = \frac{5\,000}{7 \cdot 100} \approx 7\ гн,\quad q = \frac{45^2 \cdot 7}{3\,000} \approx 4{,}7\ см^2.$$

Выбираем сердечник Ш-18 с $l_м = 10{,}9$ *см*, тогда

$$w_1 = 800 \sqrt{7 \frac{10{,}9}{4{,}7}} = 3\,200 \text{ витков};$$

$$n = \sqrt{\frac{5\,000}{1{,}2 \cdot 3}} = 37{,}5;\quad w_2 = \frac{3\,200}{37{,}5} = 85 \text{ витков},\quad d_1 = 0{,}022 \sqrt[4]{45^2 + \frac{41^2}{2}} = 0{,}16\ мм,$$

$$d_2 = 0{,}7 \sqrt[4]{\frac{3}{3}} = 0{,}7\ мм;\quad D = \frac{3\,200 \cdot 45}{16}\, 10^{-5} = 0{,}08\ мм$$

6-19. ФАЗОИНВЕРТЕРЫ

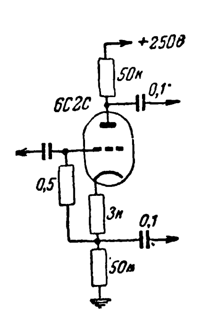
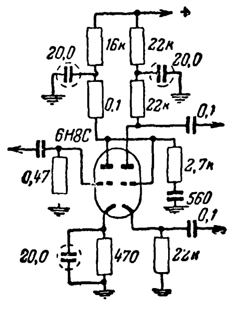
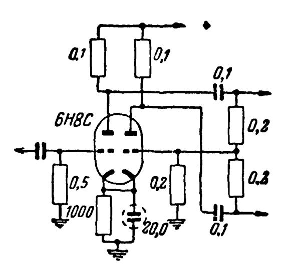


Схема фазоинвертера с разделенной нагрузкой (нагрузочные сопротивления в цепях катода и анода должны быть подобраны одинаковыми).



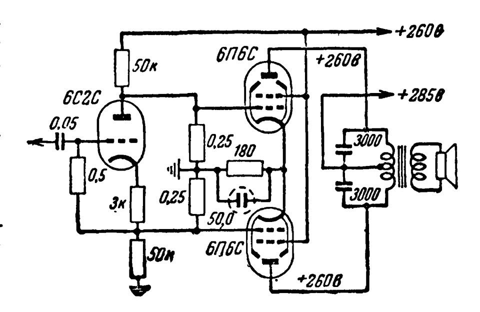
Улучшенный вариант схемы фазоинвертера с разделенной нагрузкой (с предварительным каскадом).



Самобалансирующая схема фазоинвертера (подбор сопротивлений не требует большой точности).

6-20. ДВУХТАКТНЫЕ ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ

Типовые режимы работы ламп приводятся в таблицах справочных данных по радиолампам. Необходимость в расчетах возникает лишь при желании использовать режимы, отличные от типовых.



Типичная схема усилителя низкой частоты с двухтактным выходным каскадом (выходная мощность 7 *ва* при коэффициенте нелинейных искажений 7%)

Расчет режима класса A двухтактного каскада с пентодами или лучевыми тетродами

Расчет производится для одного плеча схемы точно так же, как и для однотактного усилителя Особенности двухтактной схемы учитываются следующими изменениями полученных величин.

Общий ток в цепи питания анодов удваивается по сравнению с током одного плеча.

Мощность $P_{\sim}$ удваивается.

Общий коэффициент гармоник равняется $\gamma = \gamma_3$, так как вторые гармоники в двухтактной схеме компенсируются (величину γ_2 можно не рассчитывать).

Сопротивление между анодами $R_{aa} = 2R_a$.

Сопротивление автоматического смещения в катодной цепи уменьшается вдвое.

Расчет режима класса AB₁ для двухтактного каскада с пентодами или лучевыми тетродами

Выбирается постоянное напряжение на анодах U_{a0}, *в* (порядка 0,9 от напряжения источника питания) и постоянное напряжение на экранной сетке $U_э$, *в* (в соответствии с выбранным напряжением на анодах).

По анодным характеристикам выбранной лампы определяется ток $i_{a\,макс}$, *ма*, соответствующий сгибу характеристики для $U_c = 0$. Этой величине тока соответствует анодное напряжение $u_{a\,мин}$, *в*. Точка характеристики, для которой принят ток $i_{a\,макс}$, обозначается O.

Постоянная составляющая тока I_{a0}, *ма*, принимается порядка $(^1/_3 \div {}^1/_5)\, i_{a\,макс}$.

Выбирается характеристика, проходящая примерно на уровне I_{a0}. Соответствующее ей напряжение определяет необходимое напряжение сеточного смещения U_{c0}.

Пересечение этой характеристики с вертикальной линией, проходящей через точку U_{a0}, определяет рабочую точку T. Высота ее дает точное значение постоянной составляющей анодного тока при отсутствии сигнала I_{a0}, *ма*.

Проверяется допустимость мощности рассеяния на аноде при отсутствии сигнала по условию

$$\frac{U_{a0} I_{a0}}{1\,000} \leqslant P_{a\,макс}$$

(здесь величина $P_{a\,макс}$ берется для одной лампы). Если это условие не выполняется, то рабочую точку T надо переместить на характеристику, соответствующую большему отрицательному напряжению U_c.

Через точки OT проводится наклонная нагрузочная прямая до пересечения с горизонтальной координатной осью в точке M.

Мощность, отдаваемая в нагрузку двумя лампами,

$$P_{\sim} = \frac{\eta}{2\,000}\, i_{a\,макс}\,(U_{a0} - u_{a\,мин}).$$

Величина к. п. д. выходного трансформатора выбирается, как указано на стр. 156.

Коэффициент нелинейности

$$\gamma = \frac{2\,(i_a' - i_a'') - i_{a\,макс}}{2\,(i_a' - i_a'') + i_{a\,макс}},$$

где i_a' — анодный ток, определяемый пересечением нагрузочной прямой с характеристикой для $U_c = 0{,}5 U_{c0}$;

i_a'' — то же, для $U_c = 1{,}5\, U_{c0}$.

Если величины $P_{\sim}$ и γ не удовлетворяют предъявляемым требованиям, то необходимо подобрать более выгодное положение точек O и T.

Амплитуда напряжения на всей первичной обмотке выходного трансформатора, *в*,

$$U_{m1} = 2\,(U_{a0} - u_{a\,мин}).$$

Амплитуда переменной составляющей анодного тока каждой лампы, *ма*:

$$I_{ma} = \frac{1}{2}\, i_{a\,макс}.$$

Постоянная составляющая анодного тока каждой лампы при максимальной отдаваемой мощности, *ма*,

$$I_{a0\,макс} = \frac{1}{4}\,(i_{a\,макс} + 2I_{a0}).$$

Ток в общей цепи питания анодов будет вдвое больше.

Проверяется допустимость мощности рассеяния на анодах при максимальной отдаваемой мощности

$$\frac{U_{a0} I_{a0}}{1\,000} - \frac{P_{\sim}}{2} \leqslant P_{a\,макс}.$$

Необходимая величина сопротивления между анодами

$$R_{aa} = 4\,000\, \frac{U_{a0} - u_{a\,мин}}{i_{a\,макс}}.$$

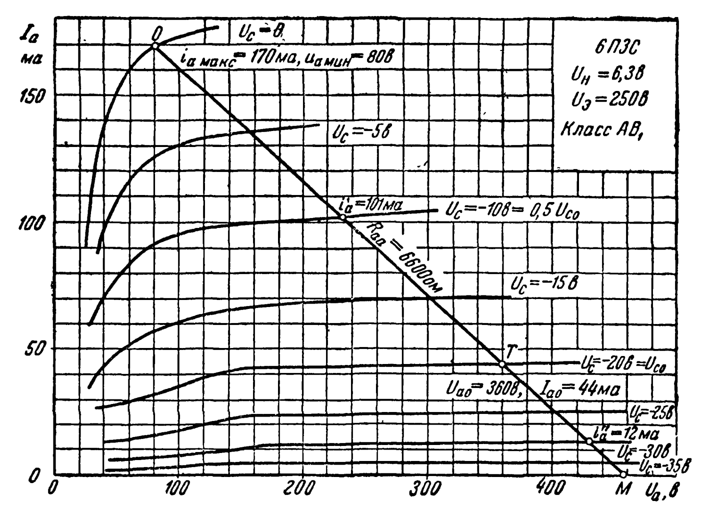
Амплитуда сеточного напряжения (на одной лампе), необходимая для получения максимальной мощности

$$U_{mc} = |U_{c0}|.$$

При автоматическом смещении сопротивление в общей цепи катодов, *ом*,

$$R_к = \frac{500 U_{c0}}{I_{a0\,макс} + I_э},$$

где $I_э$ — ток экранной сетки лампы при $U_c = 0$, *ма*.



Пример расчета. *Дано*: лампа 6П3С; $U_{a0} = 360$ *в*; $U_э = 250$ *в*.

Определяем:

$U_{c0} = -20$ *в*. $I_{a0} = 44$ *ма*; $P_{a0} = 16$ *вт* $< P_{a\,макс} = 20$ *вт*; $i_{a\,макс} = 170$ *ма*; $i'_a = 101$ *ма* (при $U_c = 0{,}5 U_{c0} = -10$ *в*); $i''_a = 12$ *ма* (при $U_c = 1{,}5 U_{c0} = -30$ *в*); $u_{a\,мин} = 80$ *в*; при $\eta = 0{,}8$ $P_\sim = 20$ *ва*; $\gamma = 2\%$; $U_{m1} = 560$ *в*; $I_{ma} = 85$ *ма*; $I_{a0\,макс} = 64{,}5$ *ма*; $R_{aa} = 6\,600$ *ом*; $U_{mc} = 20$ *в*; $R_к = 125$ *ом*.

Расчет выходного трансформатора для двухтактного каскада

Индуктивность первичной обмотки, *гн*,

$$L_1 = \frac{R_{aa}}{7 F_н},$$

где R_{aa} — сопротивление между анодами ламп, *ом*;

$F_н$ — нижняя пропускаемая частота, *гц*.

Минимальное сечение сердечника, *см²*,

$$q = (15 \div 30)\frac{P_{\sim}}{F_н},$$

где $P_{\sim}$ — максимальная мощность, отдаваемая в нагрузку.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = 450\sqrt{\frac{L_1 l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии, *см*.

Коэффициент трансформации

$$n = \frac{w_1}{w_2} = \sqrt{\frac{R_{aa}}{1{,}2R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, *ом*.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{w_1}{n}.$$

Диаметр провода первичной обмотки, *мм*,

$$d_1 = 0{,}022\sqrt[4]{I_{a0}^2 + \frac{I_{ma}^2}{2}},$$

где I_{a0} — постоянная составляющая анодного тока одной лампы, *ма* (для каскадов, работающих в режиме класса AB_1, надо брать $I_{a0\,макс}$);

I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока одной лампы, *ма*.

Диаметр провода вторичной обмотки, *мм*,

$$d_2 = 0{,}7\sqrt[4]{\frac{P_{\sim}}{R_н}}.$$

Пример расчета. *Дано*: $R_{aa} = 6\,600$ *ом*; $F_н = 100$ *гц*; $P_{\sim} = 20$ *ва*; $R_н = 3$ *ом*, $I_{a0\,макс} = 65$ *ма*; $I_{ma} = 85$ *ма*.

Определяем:

$$L_1 = \frac{6\,660}{7 \cdot 100} = 9{,}5\ гн;\quad q = 30\frac{20}{100} = 6\ см^2;$$

$$при\ l_м = 15\ см;\quad w_1 = 450\sqrt{\frac{9{,}5 \cdot 15}{6}} = 2\,200 = 2 \times 1\,100\ витков;$$

$$n = \sqrt{\frac{6\,600}{1{,}2 \cdot 3}} = 43,\quad w_2 = \frac{2\,200}{43} = 51\ виток;$$

$$d_1 = 0{,}022\sqrt[4]{65^2 + \frac{85^2}{2}} = 0{,}2\ мм,\quad d_2 = 0{,}7\sqrt[4]{\frac{20}{3}} = 1{,}6\ мм$$

Двухтактные выходные каскады, работающие в режиме класса В

Экономичный выходной каскад для батарейных усилителей. В режиме молчания анодный ток отсутствует. Макси-

мальная отдаваемая мощность около 1,5 *ва* при коэффициенте нелинейных искажений 10% и анодном токе 30 *ма*. Выключение половины нитей накала выключателем $Вк_2$ снижает потребляемую и отдаваемую мощности в 2 раза. Требуемое сопротивление между анодами R_{aa} 4 800 *ом*.

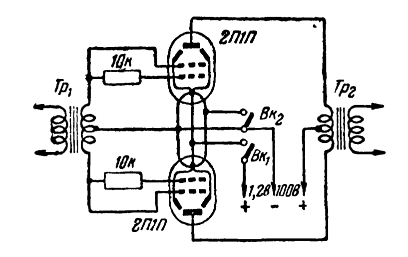


Схема экономичного выходного каскада для батарейных усилителей.

Входной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш-20×20 с зазором в 0,1 *мм*. Первичная обмотка содержит 2 000, а вторичная 2×1 200 витков ПЭ 0,12. В предоконечном каскаде должна использоваться лампа 2П1П. Выходной трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник Ш-20 × 30 *мм*. Первичная обмотка состоит из 2 × 880 витков ПЭ 0,14. Вторичная обмотка рассчитывается, как указано выше.

Усилитель с выходной мощностью 50 *вт*. Оконечный каскад работает с токами сетки, поэтому предоконечный каскад выполнен по схеме двухтактного катодного повторителя. Требуемое сопротивление между анодами выходного каскада равно 4 000 *ом*.

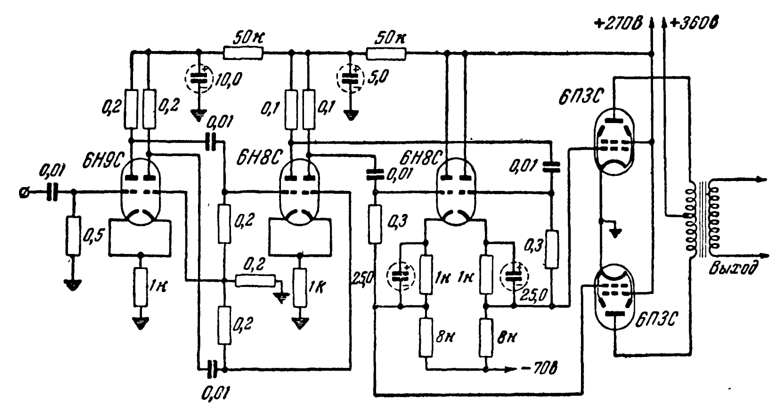
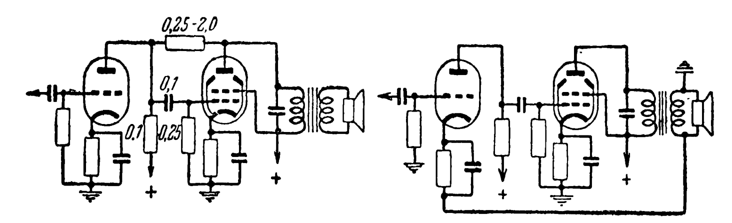


Схема усилителя с выходной мощностью 50 *вт*.

6-21. ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В УСИЛИТЕЛЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Отрицательная обратная связь уменьшает все виды искажений в охваченных ею каскадах во столько же раз, во сколько уменьшается усиление. Однако чрезмерно сильная обратная связь может вызвать самовозбуждение усилителя, особенно при неудачном монтаже и при низком качестве трансформаторов, входящих в каскады, охваченные обратной связью. Отрицательная обратная связь по напряжению в оконечном каскаде уменьшает выходное сопротивление усилителя, что благоприятно влияет на работу громкоговорителя. Отрицательная обрат-



Типовые схемы обратной связи по напряжению.

ная связь по току увеличивает выходное сопротивление, поэтому ее применение в выходном каскаде нежелательно.

Расчеты схем обратной связи затруднительны, величины их элементов рекомендуется подбирать экспериментально.

Если в каскадах, охваченных обратной связью, имеются трансформаторы, то при неправильном включении концов одной из обмоток обратная связь вместо отрицательной оказывается положительной и может вызвать самовозбуждение усилителя. Оно устраняется переключением концов одной обмотки.

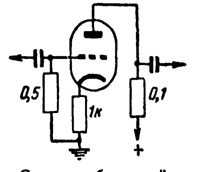


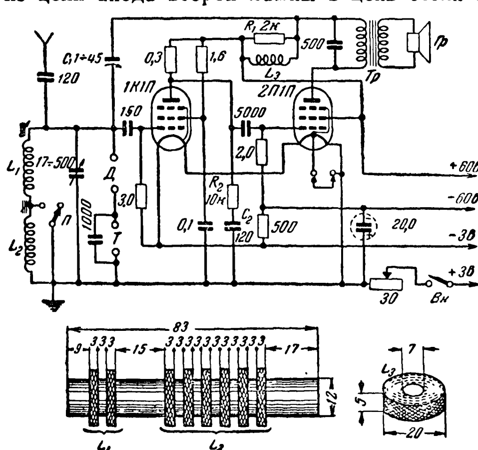
Схема обратной связи по току.

Введение в цепь обратной связи емкостей и индуктивностей делает ее зависящей от частоты. Такие обратные связи применяются для изменения частотной характеристики усилителя.

6-22. ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Приемник «Тула» (любительский вариант)

Особенностью схемы является подача напряжения обратной связи из цепи анода второй лампы в цепь сетки первой. Регулировка обратной связи производится конденсатором C_1. При чрезмерно сильной обратной связи одновременно возникает генерация по высокой и звуковой частоте, поэтому приемник не может работать в режиме генерации и не создает помех. Гнезда *Д* и *Т* служат для включения кристаллического детектора и телефона при отсутствии источников питания. Цепи L_3R_1 и R_2C_2 выравнивают чувствительность по диапазону.



Питание анодной цепи производится от двух

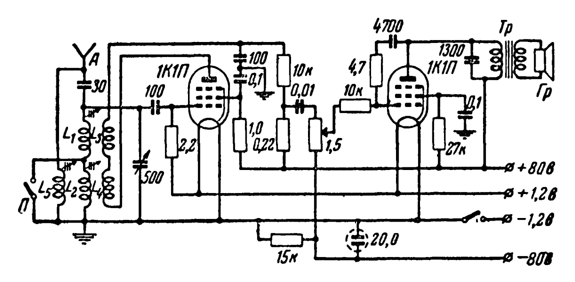
параллельно соединенных батарей БАС-Г-60, а цепи накала от двух последовательно соединенных батарей 3С. После снижения напряжения накала можно замкнуть половину нити выходной лампы. Указанный комплект батарей обеспечивает работу в течение 800 час.

Катушки намотаны по типу «универсаль» или внавал между щечками проводом ПЭШО 0,15 или 0,17. Катушка L_1 имеет две секции по 54 витка, L_2 — 6 секций по 65 витков и L_3 — 200 витков.

Громкоговоритель может быть любой трансляционный с трансформатором «высокоомного» типа (например, «Октава»).

Приемник Б-1950

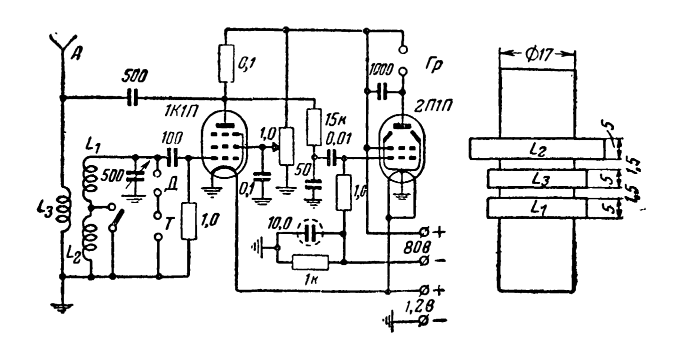
Катушки L_1 и L_2 можно использовать такие же, как и в предыдущей конструкции. Катушки L_3 и L_4 имеют 40 и 100 витков ПЭШО 0,14.



Они должны допускать перемещение относительно катушек L_1 и L_2 для регулировки величины обратной связи. Катушка L_5 содержит 4×300 витков ПЭЛ 0,1. Наличие в схеме катушки L_5 ослабляет излучение приемника в случае возникновения генерации.

Батарейный приемник 0-V-1

Катушки L_1 (90 витков ПЭШО 0,15), L_2 (300 витков ПЭШО 0,15) и L_3 (80 витков ПЭШО 0,15) намотаны «внавал» между щечками.

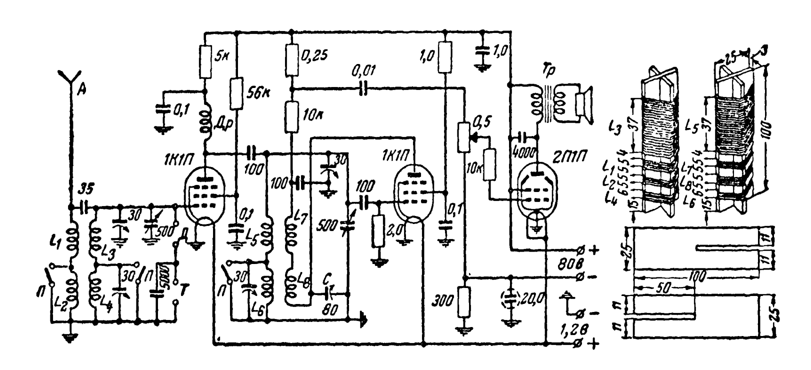


Катушка L_3 служит катушкой обратной связи и катушкой связи с антенной. Обратная связь регулируется изменением напряжения на экранной сетке лампы 1К1П.

Батарейный приемник 1-V-1

Обратная связь регулируется подстроечным конденсатором *С*.

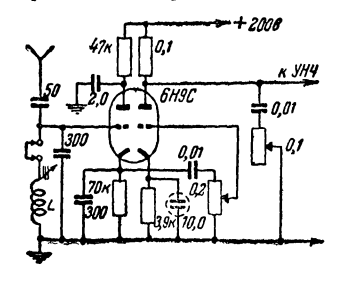
Катушки намотаны на каркасах из органического стекла или другого диэлектрика, обмотки укладываются в пропилы глубиной 5 *мм*.



Катушки L_3 и L_5 (по 140 витков ПЭ 0,25) намотаны в один слой виток к витку. Катушки L_1 (280 витков ПЭШО 0,1), L_2 (600 витков ПЭШО 0,1), L_4 и L_6 (по 345 витков ПЭШО 0,15), L_7 и L_8 (60 и 160 витков ПЭШО 0,15) намотаны внавал. Дроссель *Др* (2 000 витков ПЭ 0,1), секционированный (4—6 секций) на каркасе диаметром 24—30 *мм*, в экране.

Сетевой приемник 0-V-1 для высококачественного местного приема с фиксированными настройками

Смена фиксированных настроек производится путем включения различных катушек *L*, настроенных посредством магнитодиэлектрических сердечников. При намотке на каркасы диаметром 12 *мм* внавал между щечками с расстоянием 6 *мм* катушка для диапазона 150 ÷ 210 *кгц* содержит 390 витков, для 190 ÷ 260 *кгц* — 300 витков, для 250 ÷ 340 *кгц* — 245 витков ПЭШО 0,11; для 350 ÷ 440 *кгц* — 150 витков и для 810 ÷ 850 *кгц* — 80 витков ПЭШО 0,25.

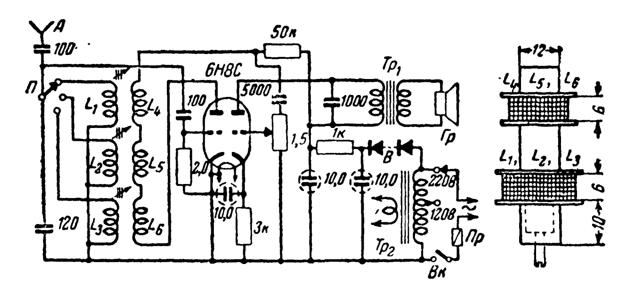


Детектор катодный. В его схеме используется левая половина лампы 6Н9С. Правый триод используется в схеме предварительного усилителя низкой частоты.

Сетевой приемник 0-V-1 с фиксированными настройками

Детектирование сеточное. Правый триод работает в схеме усилителя низкой частоты.

Катушка L_1 имеет 400 витков, L_2 — 280 витков, L_3 — 72 витка ПЭШО 0,25; L_4 — 120 витков, L_5 — 80 витков ПЭШО 0,1 и L_6 — 25 витков ПЭШО 0,1.

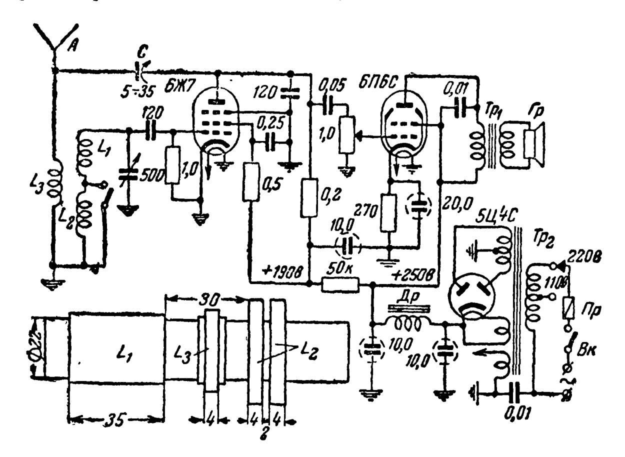


Силовой трансформатор намотан на сердечнике Ш-18×25 Сетевая обмотка содержит 1 200 витков ПЭЛ 0,18 + 1 000 витков ПЭЛ 0,14. Обмотка накала состоит из 65 витков ПЭЛ 0,51.

Громкоговоритель может быть любой трансляционный «высокоомный» с трансформатором.

Сетевой приемник 0-V-1 с нерегулируемой обратной связью

Обратная связь регулируется подстроечным конденсатором C только при налаживании приемника. При желании производить регулировку во время приема этот конденсатор должен быть переменным с ма-



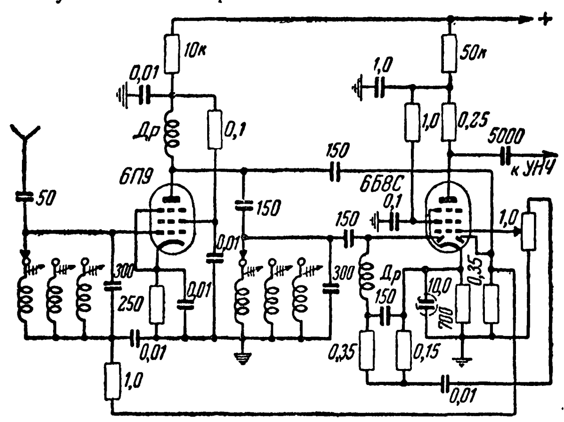
ксимальной емкостью 200—300 *пф*. Можно также использовать схему регулировки обратной связи, примененную в батарейном варианте приемника (см. стр. 165).

Катушка L_1 (130 витков ЛЭШО 7×0,07) намотана плотно в один слой. Катушка L_2 состоит из двух секций (по 140 витков ПШО 0,15 в каждой секции). Катушка L_3 (85 витков ПШО 0,15) намотана на бумажном кольце высотой 8 *мм*.

Сетевой приемник 1-V-1 для высококачественного местного приема с фиксированными настройками

Схема содержит усилитель радиочастоты, диодный детектор, АРУ и предварительный усилитель низкой частоты.

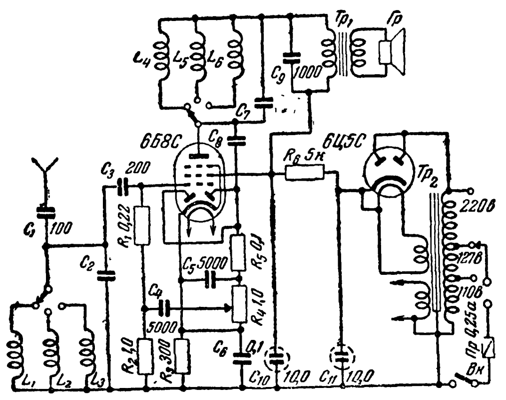
Данные катушек см. на стр. 167.



Дроссели *Др* экранированы Каждый из них намотан на картонном каркасе диаметром 18 *мм* внавал в пяти секциях шириной 4 *мм*, разделенных картонными щечками. Общее число витков 1 500 ПЭ 0,1.

Вместо лампы 6П9 можно использовать лампу 6К4.

Сетевой приемник 1-V-1 по рефлексной схеме для местного приема с фиксированными настройками



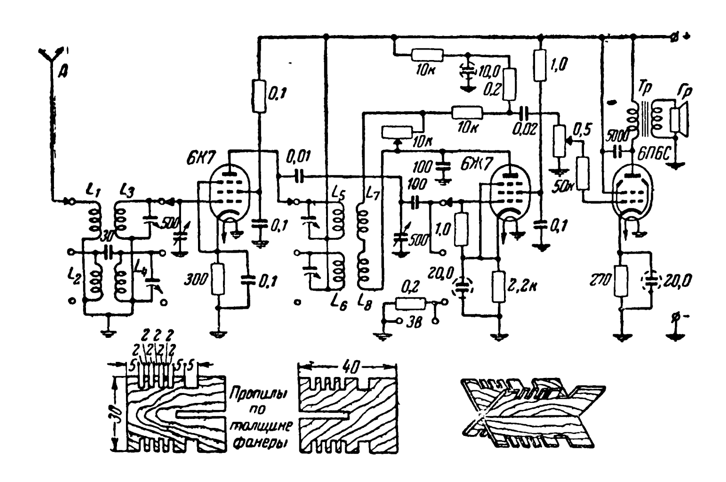
Данные контуров для фиксированных настроек см. на стр. 167.

Громкоговоритель может быть любой трансляционный «высокоомный» с трансформатором.

Силовой трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике Ш-20 × 25. Первичная обмотка содержит 908 витков ПЭЛ 0,18 + 140 витков ПЭЛ 0,18 + 768 витков ПЭЛ 0,14. Накальные обмотки имеют по 52 витка ПЭШО 0,4.

Сетевой двухдиапазонный приемник 1-V-1 для местного и дальнего приема

Все катушки намотаны внавал на четырех каркасах. Катушки L_3 (4×27 витков ПЭЛ 0,38), L_4 (4×95 витков ПЭЛ 0,25), L_5 (4×27 витков ПЭЛ 0,38) и L_6 (4×95 витков ПЭЛ 0,25) содержат по четыре сек-



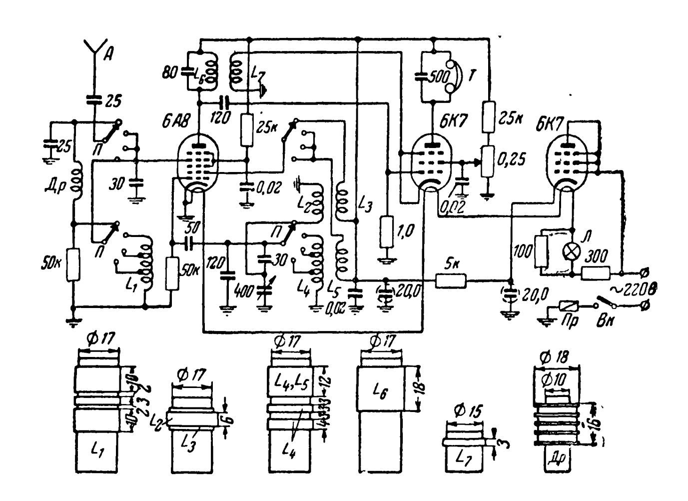
ции, помещенные в узкие пропилы каркасов. Катушки L_1 (220 витков ПЭЛ 0,12), L_2 (600 витков ПЭЛ 0,12), L_7 (50 витков ПЭЛ 0,12) и L_8 (80 витков ПЭЛ 0,12) помещены в широкие пропилы каркасов.

Подстроечные конденсаторы представляют собой куски провода ПЭЛ 1,5—2, на которые намотан виток к витку провод ПЭШО 0,25—0,35 (при длине намотки 20 *мм* емкость составляет 20—25 *пф*).

Простейший супергетеродин

Первая лампа (6А8) работает в схеме преобразователя частоты, а вторая (6К7) — в схеме сеточного детектора с обратной связью. Третья лампа (6К7) — выпрямительная. Промежуточная частота равна 1,9 *мггц*. Приемник имеет объединенный диапазон длинных и средних волн и растянутые коротковолновые диапазоны. Настройка производится изменением емкости контура гетеродина. Входная цепь в диапазоне длинных — средних волн представляет собой фильтр нижних частот. В диапазонах коротких волн входной контур имеет постоянную настройку на среднюю частоту каждого диапазона.

Катушки L_1 (12+5+12 витков ПЭ 0,6) и L_4 (9+2+5 витков ПЭ 0,6) намотаны принудительным шагом, верхние концы их заземляются. Катушка L_2 (24 витка ПЭШО 0,12) намотана поверх катушки L_3 (30 витков ПЭШО 0.12).



Катушка L_5 (9 витков ПЭШО 0,12) намотана между витками первой секции катушки L_4. Катушка L_7 (10 витков ПЭШО 0,12) вставляется в катушку L_6 (75 витков ПЭШО 0,12). Дроссель *Др* состоит из четырех секций (по 60 витков ПЭШО 0,12 в каждой секции).

Супергетеродин РЛ-1 (схема на стр. 172)

Приемник имеет три диапазона. Промежуточная частота 465 *кгц*.

Катушки L_4 и L_8 наматываются проводом ПЭ 0,8, остальные катушки — проводом ПЭШО 0,15. Отдельные секции катушек L_5, L_6, L_8 и L_9 намотаны на кольцах из бумаги и могут передвигаться по каркасу (при подгонке индуктивности). Катушка L_1 имеет 10 витков, L_2 — 250 витков, L_3 — 500+500 витков, L_4 — 7 витков, L_5 — 60+20 витков, L_6 — 270+40 витков, L_7 — 6,75 витка с отводом от пятого витка, L_8 — 50 + 15 витков с отводом от 15-го витка и L_9 — 110 + 120 витков с отводом от 12-го витка.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш-20 × 30. Первичная обмотка состоит из 4 000 витков ПЭ 0,17, а вторичная из 100 витков ПЭ 0,8.

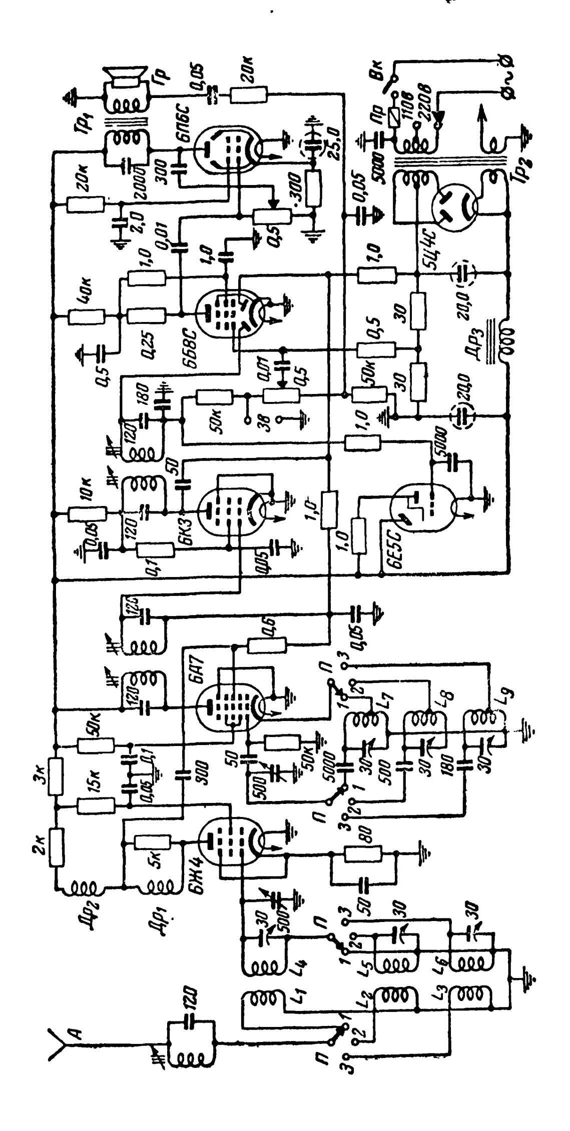
Дроссель фильтра собран на таком же сердечнике, но с зазором 0,2 *мм*. Он имеет 5 000 витков ПЭ 0,2.

Силовой трансформатор $Тр_2$ рассчитан на мощность 60—70 *вт*.

Супергетеродин с апериодическим усилителем радиочастоты

Приемник имеет три диапазона. Промежуточная частота 465 *кгц*.

Катушки, выходной трансформатор, дроссель фильтра выпрямителя и силовой трансформатор такие же, как и в предыдущей конструкции.



Данные дросселей $Др_1$ и $Др_2$ см. на стр. 134.

Фильтр на входе приемника имеет такую же катушку и конденсатор, как и фильтры промежуточной частоты.

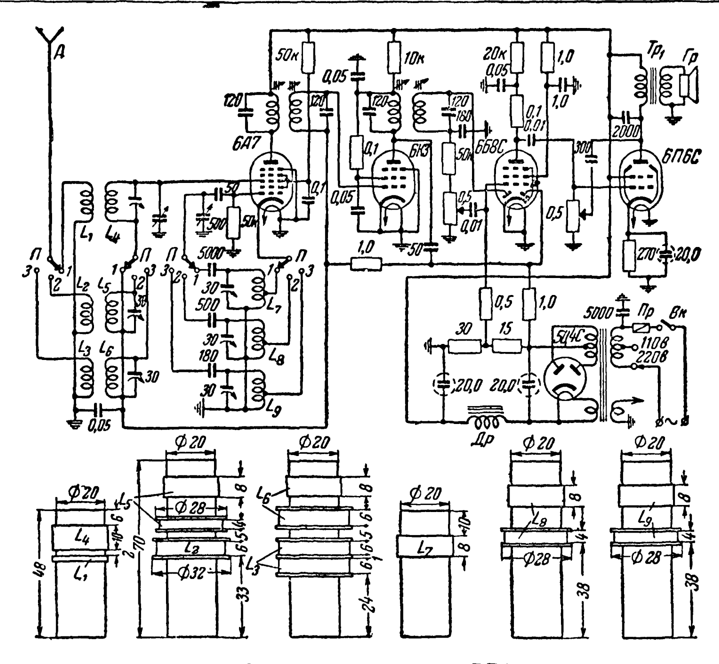
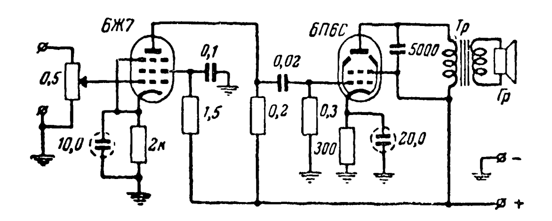


Схема супергетеродина РЛ-1.

Простейший усилитель низкой частоты

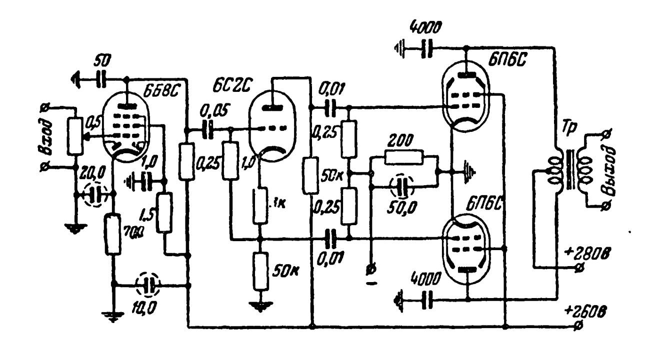
Выходная мощность 3 *ва* при коэффициенте гармоник 6% и входном напряжении 0,2 *в*.



Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике Ш-20 × 20. Первичная обмотка содержит 2 900 витков ПЭ 0,15 Вторичная обмотка состоит из 80 витков ПЭ 0,8 (для нагрузки в 4 *ом*).

Усилитель с двухтактным выходным каскадом

Выходная мощность 8 *ва* при коэффициенте гармоник 7% и входном напряжении 0,2 *в*.

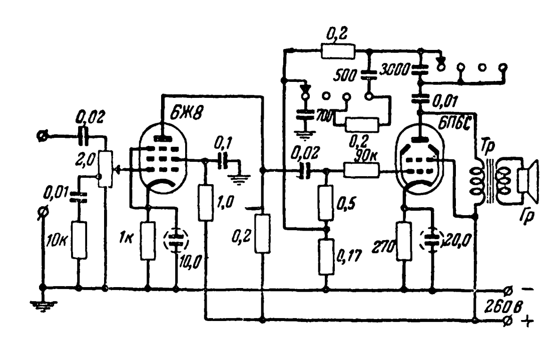


Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике Ш-19 × 22. Первичная обмотка содержит 2 × 2 650 витков ПЭ 0,25. Вторичная обмотка состоит из 105 витков ПЭ 1,0 (для нагрузки в 4 *ом*).

Усилитель с отрицательной обратной связью

Выходная мощность 2,5 *ва* при коэффициенте гармоник 2,5% и входном напряжении 0,2 *в*.

Переключения в цепи обратной связи позволяют в широких пределах изменять воспроизведение высших и низших частот.



Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике Ш-20 × 40. Первичная обмотка содержит 2 900 витков ПЭ 0,15. Вторичная обмотка состоит из 82 витков ПЭ 0,8 (для нагрузки в 4 *ом*).

Усилитель с двухтактным выходным каскадом и отрицательной обратной связью

Выходная мощность 8 *ва* при коэффициенте гармоник 1,5% и входном напряжении 1,5 *в*. Полоса пропускания 50 ÷ 10 000 *гц*. Имеются регуляторы тембра высоких и низких звуковых частот.

Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике Ш-26 × 39. Первичная обмотка содержит 2 × 1 500 витков ПЭ 0,15. Вторичная обмотка состоит из 105 витков ПЭ 1,0.

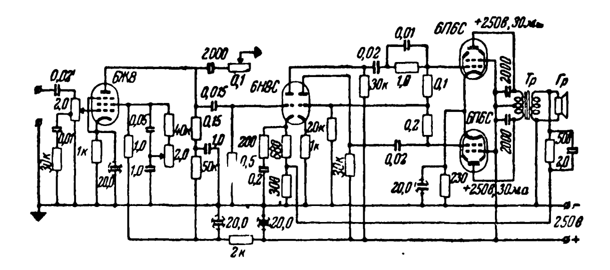


Схема усилителя с двухтактным каскадом и отрицательной обратной связью.

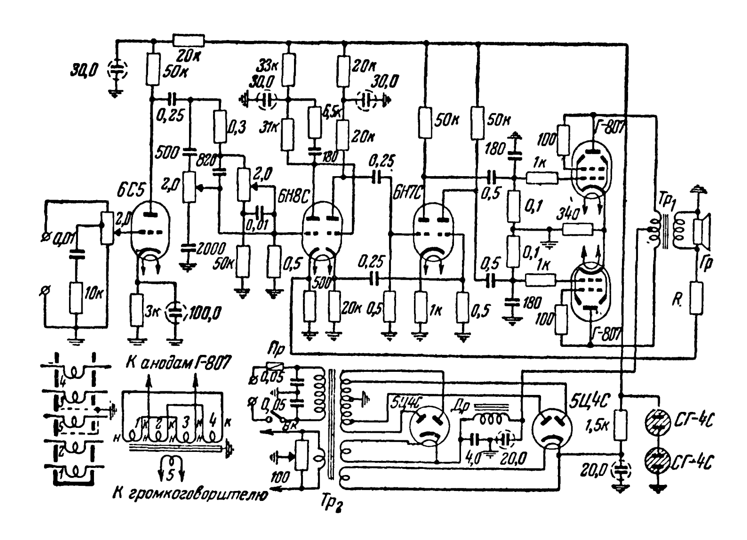
Высококачественный усилитель

Выходная мощность 10 *ва* при коэффициенте гармоник 0,3%. Полоса пропускания 15 ÷ 20 000 *гц*. Имеются регуляторы тембра в области высоких и низких звуковых частот.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш-32 × 32. Первичная обмотка (из четырех секций) содержит 4 × 1 000 витков ПЭ 0,17. Вторичная обмотка состоит из 78 витков ПЭ 1,0.

Величина сопротивления R подбирается в зависимости от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя $R_{Гр}$:

$$R = 1\,750\sqrt{R_{Гр}}.$$



6-23. ЗНАЧЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ И КОНДЕНСАТОРОВ В РАДИОПРИЕМНИКАХ

Наименование	Нормальное значение (в среднем)	Встречающиеся отклонения
Силовая часть		
Конденсаторы сглаживающего фильтра, *мкф*	16	4—32
Конденсаторы сетевого фильтра, *пф*	5 000	1 000—10 000
Выходной каскад		
Сопротивление утечки сетки, *мгом*	0,3	0,1—2
Сопротивление в цепи катода, *ом*	—	50—5 000
Последовательное сопротивление в цепи сетки, *ком*	—	10—50
Конденсатор переходной (в цепи сетки), *мкф*	0,01	0,005—0,1
Конденсатор в цепи катода, *мкф*	30	10—300
Конденсатор, шунтирующий первичную обмотку выходного трансформатора, *пф*	2 000	1 000—5 000
Каскад низкой частоты (предварительный)		
Сопротивление в цепи управляющей сетки, *мгом*	0,5	0,1—2
Сопротивление регулятора громкости, *мгом*	0,5	0,05—2
Сопротивление регулятора тембра, *ком*	100	50—500
Конденсатор переходной цепи сетки, *мкф*	0,01	0,005—0,1
Конденсатор регулятора тембра, *мкф*	0,02	0,01—0,1
Оптический индикатор настройки		
Сопротивление в цепи сетки, *мгом*	1	0,1—3
Сопротивление в цепи анода, *мгом*	1	0,2—2
Детектор диодный		
Сопротивление нагрузки диода, *мгом*	0,3	0,1—0,5
Конденсатор нагрузки диода, *пф*	100	50—250
Конденсатор связи диодов, *пф*	100	50—200
Детектор сеточный		
Сопротивление утечки сетки, *мгом*	1	0,5—3
Сопротивление в цепи анода, *мгом*	0,2	0,1—1
Сопротивление в цепи экранной сетки, *мгом*	—	0,5—1,5
Сопротивление развязывающего фильтра в анодной цепи, *ком*	50	10—100
Конденсатор сеточный, *пф*	100	50—500
Конденсатор обратной связи, *пф*	250	100—500
Конденсатор развязывающего фильтра в анодной цепи, *мкф*	1	0,5—4
Усилитель промежуточной частоты		
Сопротивление в цепи катода, *ом*	250	100—1 000
Сопротивление в цепи экранной сетки, *мгом*	0,1	0,01—0,2
Сопротивление в цепи АРУ, *мгом*	0,1	0,1—1
Конденсатор в цепи катода, *мкф*	0,5	0,05—1
Конденсатор фильтра АРУ, *мкф*	0,1	0,02—0,2
Гетеродин		
Сопротивление утечки сетки, *ком*	40	30—100
Сопротивление антипаразитное в цепи сетки, *ком*	1	0,5—5
Сопротивление антипаразитное в цепи анода, *ом*	75	50—500
Сопротивление в цепи экранной сетки, *ком*	30	20—60
Конденсатор в цепи сетки, *пф*	40	30—200

Наименование	Нормальное значение (в среднем)	Встречающиеся отклонения
Конденсатор, сопрягающий на длинных волнах, *пф* . . .	170	100—200
Конденсатор, сопрягающий на средних волнах, *пф* . . .	500	400—600
Конденсатор, сопрягающий на коротких волнах, *пф* . .	5 000	3 000—1 000
Усилитель высокой частоты		
Сопротивление катодное, *ом*	250	100—1 000
Сопротивление в цепи экранной сетки, *мгом*	0,1	0,01—0,2
Конденсатор в цепи катода, *мкф*	0,05	0,01—0,1
Конденсатор в цепи экранной сетки, *мкф*	0,1	0,01—0,2
Антенная цепь		
Конденсатор связи с антенной, *пф*	50	30—1 000
Конденсатор предохранительный, *пф*	5 000	2 000—10 000

ЛИТЕРАТУРА

Левитин Е. А., Супергетеродин, Госэнергоиздат, 1954, 112 с.

Куликовский А. А, Новое в технике любительского радиоприема, Госэнергоиздат, 1954, 176 с.

Левитин Е. А., Качественные показатели радиоприемника, Госэнергоиздат, 1953, 24 с.

Шиповский А. Н., Высококачественные усилители низкой частоты, Госэнергоиздат, 1952, 120 с.

Малинин Р. М., Усилители низкой частоты, Госэнергоиздат, 1953, 152 с.

Гольдреер И. Г. Ламповый каскад с обратной связью, Госэнергоиздат, 1954, 88 с.

Сницерев Г. А., Налаживание супергетеродинного радиоприемника, Связьиздат, 1952, 70 с.

Ганзбург М. Д., Как проверить и наладить приемник, Госэнергоиздат, 1954, 56 с.

Левитин Е. А., Радиовещательные ламповые приемники (Ремонт и налаживание), КОИЗ, 1953, 432 с.

Радиолюбительские конструкции (указатель описаний), Госэнергоиздат, 1953, 120 с.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

7-1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Гальванические элементы и батареи используются в основном для питания маломощной аппаратуры (батарейных приемников, радиопередвижек, несложной измерительной радиоаппаратуры и т. п.), потребляющей электроэнергию от долей ватта до нескольких ватт при токе 1—25 *ма* и напряжении 60—160 *в* или при токе 100—1 000 *ма* и напряжении 1—6 *в*.

В таблице на стр 177 приводятся основные показатели гальванических элементов и батарей, применяемых для питания накальных и анодных цепей радиоприемников

Гальванические элементы и батареи

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Нагрузка, *ом*	Размеры, *мм*	Вес, *кг*	Срок сохранности, мес.
1С-Л-3	1,4	3,1	10	32×32×83	0,145	12
1В-Л-3	1,4	3,1	10	32×32×83	0,14	12/36
1КС-Л-3	1,6	3,5	10	Ø34×64	0,1	12
1КС-Х-3 („Сатурн")	1,6	3	10	Ø33×62	0,105	12
2С-Л-9	1,42	9	10	40×40×100	0,3	12
2В-Л-8,5	1,42	8,5	10	40×40×100	0,23	12/36
3В Л-27	1,44	27	10	55×55×130	0,65	12/36
3С-Л-30	1,44	30	10	55×55×130	0,7	18
3С-Х-30	1,6	30	10	55×55×130	0,7	18
3С-У-30	1,6	30	10	55×55×130	0,7	18
3С-МВД-60	1,35	60	10	57×57×132	0,7	9
4В-Л-31	1,42	31	5	80×40×177	1	12/36
4С-Л-37	1,42	37	5	80×40×177	1,1	18
5С-Л-45	1,42	45	5	70×70×170	1,5	18
6С-МВД-150	1,3	150	5	78×78×178	1,7	9
КБ-Х-1	1,6	1,05	117	Ø21×60	—	8
БНС-1,5	1,6	5,2	46	165×65×22	—	10
БНС-100	1,5	100	10	150×120×120	2,5	10
БНС-МВД-400	1,3	400	3,5	160×160×185	6,5	12
БНС-МВД-500	1,3	500	5	160×160×185	6,5	9
КБС-Л-0,35	3,5	0,35	10	63×22×67	0,16	4
КБС-Х-0,55	3,7	0,55	10	63×22×67	0,16	6
БНС-5	5,5	10	55	164×88×180	—	12
БС-МВД-45	48	16	2 400	230×318×130	10	12
БС-МВД-50	53	10	5 300	247×104×222	6,5	10
БС-70	73	7	3 650	350×185×125	8,5	10
ГБ-СА-45	46	0,3	14 000	40×65×110	—	9
БАС-Г-22-Л-0,8	22,5	0,8	2 340	135×48×60	0,4	10
БАС-60-Л-0,4	60	0,42	4 680	172×110×48	1,3	9
БАС-60-Х-0,5	68	0,5	4 680	172×110×48	1,3	10
БАС-60-У-0,5	68	0,5	4 680	172×110×48	1,3	10
БАС-60-Х-0,7	71	0,7	3 550	158×138×73	—	12
БАС-Г-60-Л-0,4	60	0,42	4 680	172×110×48	1,2	9
БАС-Г-60-Л-1,3	71	1,3	4 680	172×110×48	1,5	12
БАС-Г-60-Х-1,3	71	1,3	4 680	172×110×48	1,5	12
БАС-80-Л-0,9	92	0,85	7 000	215×135×70	3	10
БАС-80-Х-1	102	1,05	7 000	215×135×70	3	15
БАС-80-У-1	102	1,05	7 000	215×135×70	3	15
БАС-Г-80-Л-0,8	95	0,8	7 000	172×116×152	1,7	12
БАС-Г-80-Л-2,1	102	2,1	7 000	215×135×70	3,3	12
БАС-Г-90-Л-1,3	106	1,3	7 000	185×145×59	2,2	12
БАС-Г-120-Л-0,27	120	0,27	8 750	240×94×40	1,3	6
БАС-Г-160-Л-0,35	160	0,35	11 700	106×77×140	1,8	6

В графе «Срок сохранности» число перед дробной чертой означает срок сохранности заряженного (залитого водой), а число после дробной черты — незаряженного водоналивного элемента. Вес водоналивных элементов указан для незаряженных элементов.

Цифры и буквы в графе «Обозначение» означают: цифра в начале обозначения — условные размеры элемента; цифры в середине (иногда в конце) — примерное напряжение батареи; цифры в конце — емкость элемента или батареи; буква С — сухой или сухая; В — водоналивной; Б — батарея; А — анодная; Н — накальная; МВД — марганцево-воздушная система; Г — галетная конструкция; Л — летний тип (для работы в интервале температуры от —20 до +60° С); Х — хладостойкий тип (от — 40 до +40° С); У — универсальный тип (от —50 до +60° С).

Элементы и батареи рекомендуется держать в сухом и прохладном месте.

7-2. АККУМУЛЯТОРЫ

Для питания накальных и анодных цепей радиоприемников и другой аппаратуры иногда используются кислотные или щелочные аккумуляторы.

Кислотные аккумуляторы. Электролитом для кислотного аккумулятора служит водный раствор серной кислоты. Плотность раствора (проверяется ареометром) при температуре +15° С должна быть 25° (удельный вес 1,21). Для приготовления 1 *л* раствора такой плотности нужны 864 *г* дистиллированной воды (можно брать чистую дождевую или снеговую воду) и 346 *г* химически чистой серной кислоты.

Серная кислота очень ядовита, поэтому обращаться с ней нужно осторожно (попав на кожные покровы тела, она причиняет тяжелые ожоги). Пораненные кислотой места нужно немедленно смочить слабым раствором щелочи (соды) и промыть затем проточной водой. Хранить серную кислоту надо в стеклянной бутылке с резиновой или стеклянной пробкой.

Раствор приготовляют в чистой стеклянной, фарфоровой или свинцовой посуде. Сначала наливают воду, а затем осторожно, тонкой струей и небольшими порциями льют кислоту и тщательно размешивают раствор стеклянной палочкой. При соединении серной кислоты с водой раствор сильно нагревается, и если сразу влить большую порцию кислоты, то стеклянный стакан может лопнуть. Наливать воду в кислоту нельзя, так как при этом кислота начнет бурно кипеть и разбрызгиваться.

Приготовленный раствор наливают в аккумуляторы так, чтобы уровень жидкости был на 5—15 *мм* выше верхних краев аккумуляторных пластин.

Аккумуляторы заряжают (через 3—6 час. после их заливки) от источника постоянного тока, включая их последовательно с реостатом так, чтобы положительный зажим аккумулятора был соединен с положительным полюсом, а отрицательный зажим — с отрицательным полюсом источника.

Первую зарядку накальных аккумуляторов (буква Н в обозначении, см. таблицу на стр 179) производят непрерывно в течение 36 час. током в 10% от емкости аккумулятора, после чего делают трехчасовой перерыв, а затем снова продолжают зарядку в течение 12 час. при том же токе Последующие зарядки при указанном токе производят в течение 12—15 час. Первая зарядка анодных аккумуляторов марки 40РАЭ-3 производится током 0,1 *а*, а других анодных аккумуляторов (буква А в обозначении) током в 8% от их емкости непрерывно в течение 48 час., после чего делается трехчасовой перерыв, а затем снова

продолжается зарядка в течение 12 час. тем же током. Длительность последующих зарядок этих аккумуляторов составляет 25—30 час.

Признаком полной зарядки аккумулятора является интенсивное «кипение» его электролита. Во время зарядки и в течение 2—3 час. после зарядки отверстия в аккумуляторе должны быть открыты (вынуты пробки).

При зарядке из аккумуляторов выделяются вредные для дыхания пары кислоты, поэтому заряжать аккумуляторы нужно в нежилых помещениях. Кроме того, они выделяют кислород и водород, образующие гремучий газ, который при соприкосновении с огнем воспламеняется с сильным взрывом. Поэтому к заряжаемому аккумулятору нельзя подносить зажженную спичку, свечу, горящую папиросу и т. п.

Номинальное напряжение одного элемента кислотного аккумулятора равно 2 *в*. Напряжение в конце зарядки должно быть 2,6—2,8 *в* (плотность электролита повышается до 28°), а в конце разрядки — не ниже 1,8 *в*.

Разряженный (до 1,8 *в*) аккумулятор необходимо не позже чем через 24 часа снова зарядить, так как иначе заметно понизится его емкость. При понижении уровня электролита (в процессе эксплуатации) доливать аккумуляторы нужно дистиллированной водой.

Кислотные аккумуляторы

Обозначение	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а-ч*	Максимальный зарядный ток, *а*	Максимальный разрядный ток, *а*	Размеры, *мм*
РНП-60	2	60	6	6	169×111×231
2РНП-40	4	40	4	4	168×153×232
2РНП-60	4	60	6	6	217×166×233
2РНП-80	4	80	8	8	273×165×230
2НС-50	4	50	5	5	195×185×235
2НС-90	4	90	9	9	257×185×235
3РНЭ-40	6	40	4	4	211×145×224
3РНЭ-60	6	60	6	6	307×147×227
3РНЭ-80	6	80	8	8	365×148×226
3НС-90	6	90	9	9	354×185×235
3НС-160	6	160	16	16	526×216×343
10РАС-5	20	5	0,4	0,17	418×166×146
10РАДАН-5	20	5	0,4	0,17	220×121×146
10РАДАН-10	20	10	0,8	0,33	223×186×161
10РАДАН-30	20	30	2,5	1	369×163×202
40РАЭ-3	80	3	0,2	0,1	452×190×135

Щелочные аккумуляторы. По сравнению с кислотными аккумуляторами щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ. Они обладают более высокой механической прочностью и не боятся кратковременных коротких замыканий. Их можно заряжать и разряжать бо́льшим током и оставлять продолжительное время в разряженном состоянии. Кроме того, щелочные аккумуляторы проще в обслуживании, чем кислотные.

Электролитом для щелочного аккумулятора служит водный раствор едкого кали плотностью 23—25° (удельный вес 1,19—1,21) или едкого натра плотностью 21—23° (удельный вес 1,17—1,19). На 1 *л* раствора такой плотности требуется 255—282 *г* едкого кали или 177—201 *г* едкого натра. Для раствора можно применять дистиллированную, снеговую или дождевую воду. Для повышения срока службы аккумулятора рекомендуется в раствор добавлять моногидрат едкого лития (20 *г* на 1 *л* раствора едкого кали и 30 *г* на 1 *л* раствора едкого натра).

Если аккумулятор работает при окружающей температуре от +15 до +30° С, то в качестве электролита чаще всего применяют едкий

натр. При температурах ниже —15° С применяется раствор едкого кали плотностью 30—34° (удельный вес 1,26—1,3) без добавления едкого лития. На 1 *л* раствора такой плотности требуется 353—416 *г* едкого кали.

Едкое кали и едкий натр (кристаллы) являются сильно действующей щелочью (разъедают шерстяную и бумажную ткани, кожаную обувь, кожу человека, поражают глаза), поэтому обращаться с ними нужно аккуратно и осторожно Пораженную ими часть тела или одежды надо немедленно смочить раствором борной кислоты или уксусом, а затем промывать проточной водой с мылом до тех пор, пока эта часть тела не перестанет быть скользкой. Хранить едкое кали и едкий натр (или растворы их) необходимо в герметически закрывающейся посуде (без доступа воздуха).

Раствор приготовляют в чистой стеклянной, эмалированной или железной посуде, в которую сначала наливают нужное количество дистиллированной воды, а затем железными щипцами или непосредственно рукой в резиновой перчатке погружают в воду кристаллы, размешивая раствор стеклянной или железной палочкой (при этом раствор сильно нагревается). Как только температура готового электролита понизится до + 25° С, необходимо немедленно приступать к заливке аккумуляторов, с тем чтобы сократить до минимума время нахождения электролита на открытом воздухе.

Заливка щелочных аккумуляторов производится точно так же, как и кислотных. В залитый аккумулятор рекомендуется налить несколько капель вазелинового масла, которое образует на поверхности электролита сплошную пленку, предохраняющую электролит от воздействия окружающего воздуха.

Ни в коем случае нельзя пользоваться одной и той же посудой для щелочных и кислотных аккумуляторов, а также держать и заряжать щелочные аккумуляторы в одном помещении с кислотными.

Зарядка щелочных аккумуляторов обычно продолжается 8—10 час. Во время зарядки и в течение 2—3 час после зарядки пробки у аккумуляторов должны быть открыты В это время к аккумулятору нельзя подносить зажженную свечу, спичку или закуренную папиросу.

Окончание зарядки щелочного аккумулятора определяется продолжительностью зарядки, величиной зарядного тока и напряжением каждого его элемента.

Щелочные аккумуляторы

Обозначение	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а-ч*	Нормальный зарядный ток, *а*	Нормальный разрядный ток, *а*	Размеры, *мм*
4НКН-10	5	10	2,5	1,25	188×76×128
4НКН-45	5	45	11,25	5,65	305×148×252
4НКН-60	5	60	15	7,5	262×170×388
4НКН-100	5	100	25	12,5	374×178×388
5НКН-10	6,25	10	2,5	1,25	190×89×128
5НКН-45	6,25	45	11,25	5,65	372×148×252
5НКН-60	6,25	60	15	7,5	315×170×388
5НКН-100	6,25	100	25	12,5	459×178×388
7НКН-45	8,75	45	11,25	5,65	508×148×252
10НКН-22	12,5	22	5,5	2,75	465×148×252
10НКН-45	12,5	45	11,25	5,65	707×152×252
10НКН-60	12,5	60	15	7,5	600×170×388
10НКН-100	12,5	100	25	12,5	884×178×388
17НКН-45	21,25	45	11,25	5,65	640×289×252
32АКН-2,25	40	2,25	0,56	0,28	525×165×168
64АКН-2,25	80	2,25	0,56	0,28	525×317×168

Номинальное напряжение одного элемента щелочного аккумулятора равно 1,25 *в*. В конце зарядки напряжение повышается до 1,75—1,8 *в*, а в конце разрядки (под нагрузкой) — понижается до 1 *в*.

В щелочных аккумуляторах необходимо не реже чем через каждые 6 мес. сменять электролит.

В таблице на стр. 180 приводятся основные показатели накальных (НКН) и анодных (АКН) щелочных кадмиево-никелевых аккумуляторов.

7-3. ВЫПРЯМИТЕЛИ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ

Наименование типа	Напряжение питающей сети, *в*	Выпрямленное напряжение и ток, *в/а*
ВСА-1	127 или 220	6/12 или 9/6
ВСА-2	220 или 380	7,5/5
ВСА-4	110, 127 или 220	240/2 или 120/2
ВСА-5	110, 127 или 220	0÷32/0÷12 или 32÷64/0÷12
ВСА-6М	110, 127 или 220	12/12, 24/12, 24/24 или 12/24
ВСА-10	110, 127 или 220	6/12, 12/7 или 6/7
ВАК-8	110	13,2/0,6
ВАК-10	110	12/2,4
ВАК-12	110	2÷4/0,8

7-4. ВЫПРЯМИТЕЛИ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

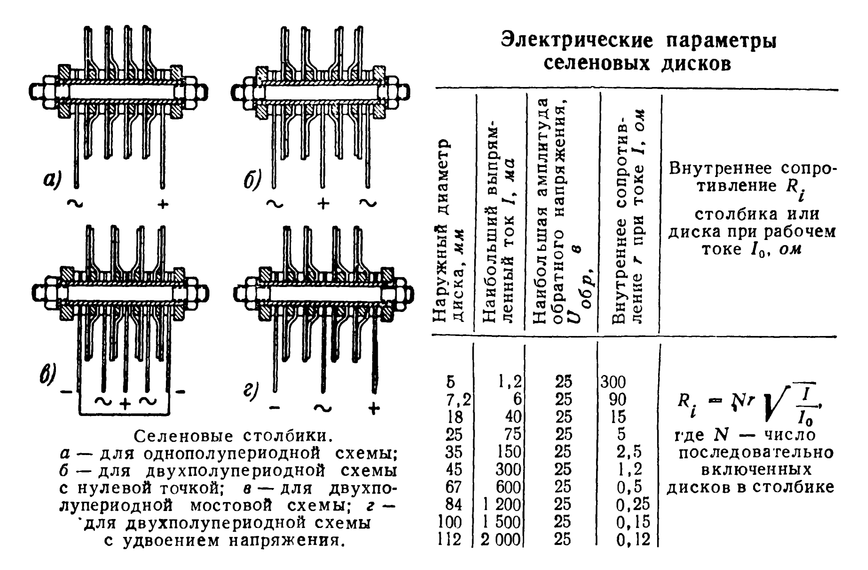
Выпрямители служат для получения постоянного напряжения путем преобразования переменного напряжения электросети в постоянное пульсирующее напряжение с последующим сглаживанием пульсаций при помощи фильтра.

В выпрямителях для питания приемников и усилителей обычно используются либо кенотроны, либо столбики, собранные из селеновых дисков.

Электрические параметры кенотронов

Обозначение	Количество анодов	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *ма*	Наибольшее выпрямленное напряжение U_0, *в*	Наибольший выпрямленный ток I_0, *ма*	Наибольшая амплитуда обратного напряжения анода $U_{обр}$, *в*	Наибольшая амплитуда тока анода $I_{макс}$, *ма*	Внутреннее сопротивление R_i, *ом*
ВО-188	2	4	2 000	430	150	1 300	600	150
ВО-230	1	4	700	300	50	900	360	200
ВО-239	1	4	2 000	600	180	1 800	1 200	100
1Ц1С	1	0,7	185	5 000	0,5	15 000	1	7 500
1Ц7С	1	1,25	200	10 000	2	30 000	17	14 000
5Ц3С	2	5	3 000	570	250	1 700	750	200
5Ц4С	2	5	2 000	450	125	1 350	375	150
5Ц8С	2	5	5 000	570	420	1 700	1 200	200
5Ц9С	2	5	3 000	570	205	1 700	600	300
6Х2П	2	6,3	300	150	18	450	90	250
6Х6С	2	6,3	300	150	16	465	50	500
6Ц4П	2	6,3	600	400	75	1 000	300	250
6Ц5С	2	6,3	600	460	75	1 375	210	250
30Ц1М	1	30	300	200	90	500	500	150
30Ц6С	2	30	300	200	120	500	500	150

П р и м е ч а н и е. Цоколевка кенотронов помещена на стр. 100—108. I_0 и $I_{макс}$ соответствуют значениям $I_в$ и I_m в цоколевках.



Селеновые столбики.
а — для однополупериодной схемы; *б* — для двухполупериодной схемы с нулевой точкой; *в* — для двухполупериодной мостовой схемы; *г* — для двухполупериодной схемы с удвоением напряжения.

Электрические параметры селеновых дисков

Наружный диаметр диска, *мм*	Наибольший выпрямленный ток I, *ма*	Наибольшая амплитуда обратного напряжения, $U_{обр}$, *в*	Внутреннее сопротивление r при токе I, *ом*	Внутреннее сопротивление R_i столбика или диска при рабочем токе I_0, *ом*
5	1,2	25	300	$R_i = Nr\sqrt{\frac{I}{I_0}}$, где N — число последовательно включенных дисков в столбике
7,2	6	25	90	
18	40	25	15	
25	75	25	5	
35	150	25	2,5	
45	300	25	1,2	
67	600	25	0,5	
84	1 200	25	0,25	
100	1 500	25	0,15	
112	2 000	25	0,12	

Выбор схемы выпрямителя определяется необходимыми для питания напряжением и током, способом питания от электросети (непосредственно или через трансформатор) и видом выпрямительного элемента (кенотрона или селеновых столбиков).

Ниже приводится ряд различных схем выпрямителей, работающих на емкость, в качестве которой чаще всего используются электролитические конденсаторы.

Конденсаторы электролитические типа КЭ

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное рабочее напряжение U_{C_0}, *в*									
2	—	—	—	—	—	—	300	400	450	—
4	—	—	—	—	—	150	300	400	450	—
5	—	—	—	—	—	—	300	400	450	500
8	—	—	—	—	50	150	300	400	450	—
10	—	12	20	30	50	150	300	400	450	500
20	—	12	20	30	50	150	300	400	450	500
30	—	12	20	30	50	150	300	—	—	—
50	8	12	20	30	50	—	—	—	—	—
100	8	12	20	30	50	—	—	—	—	—
200	8	12	20	30	—	—	—	—	—	—
500	8	12	20	30	—	—	—	—	—	—
1 000	8	12	20	—	—	—	—	—	—	—
2 000	8	12	20	—	—	—	—	—	—	—

Расчет выпрямителя производится по заданным величинам выпрямленного напряжения и тока и известному переменному напряжению электросети.

При расчете определяют тип кенотрона или диаметр и количество селеновых дисков, напряжение вторичной обмотки и токи вторичной и первичной обмоток сетевого трансформатора или величину добавочного (защитного) сопротивления, емкость и рабочее напряжение конденсатора и коэффициент пульсации.

Приводимые далее упрощенные расчетные формулы и графики выведены для случая использования электросети с частотой 50 *гц*.

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Выпрямленное напряжение до фильтра	U_0	*в*
Обратное напряжение (между анодом и катодом кенотрона или селенового столбика при отрицательном потенциале на аноде)	$U_{обр}$	*в*
Переменные напряжения на первой, второй, третьей и четвертой обмотках сетевого трансформатора	U_1, U_2, U_3 и U_4	*в*
Выпрямленный (рабочий) ток	I_0	*ма*
Наибольший импульс тока через кенотрон	$I_{макс}$	*ма*
Токи первой, второй, третьей и четвертой обмоток трансформатора	I_1, I_2, I_3, и I_4	*ма*
Общий ток первичной обмотки (с учетом всех вторичных обмоток)	$I_{1\,общ}$	*ма*
Наибольший выпрямленный ток селенового диска	I	*ма*
Добавочное (защитное) сопротивление	$R_д$	*ом*
Мощность, рассеиваемая на сопротивлении $R_д$	$P_{R_д}$	*вт*
Внутреннее сопротивление кенотрона или селенового столбика	R_i	*ом*
Внутреннее сопротивление селенового диска при наибольшем выпрямленном токе	r	*ом*
Число последовательно включенных дисков в селеновом столбике	N	шт.
Сопротивление трансформатора (сопротивление вторичной и приведенное сопротивление первичной обмоток трансформатора)	$R_{тр}$	*ом*
Емкость конденсаторов на входе фильтра	C_0, C_1, C_2, C_3 и C_4	*мкф*
Номинальное рабочее напряжение на конденсаторах C_0, C_1 и C_2	U_{C_0}, U_{C_1} и U_{C_2}	*в*
Коэффициент пульсации на входе фильтра	p_0	%

Однополупериодная схема

Наиболее простая схема выпрямителя с одним плечом, в которой используется только один (положительный) полупериод переменного напряжения. Применяется для питания маломощных приемников и других устройств, где допускается несколько повышенная пульсация выпрямленного напряжения. Рекомендуется при выпрямляемой мощности не более 10—15 *вт*. В схеме применяется кенотрон или селеновый столбик. Частота пульсации равна частоте выпрямляемого тока (50 *гц*).

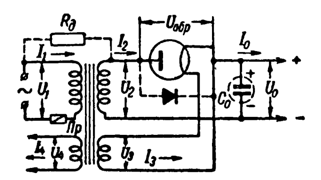


Схема однополупериодного выпрямителя.

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 3U_0;\ I_{макс} = 7I_0;\ U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{Tp})}{265};$$

$$I_2 = 2I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_{Tp}};\ I_1 = \frac{1{,}2U_2\sqrt{I_2^2 - I_0^2}}{U_1};$$

$$C_0 = \frac{60I_0}{U_0};\quad U_{C_0} = 1{,}2U_0;\quad p_0 = \frac{600I_0}{U_0C_0};$$

$$I_{1общ} = I_1 + \frac{I_3U_3}{U_1} + \frac{I_4U_4}{U_1} + \ldots$$

В схеме без сетевого трансформатора:

$$\text{при } U_1 = 110\ в\quad R_д = \frac{200\,(145 - U_0)}{I_0};$$

$$\text{при } U_1 = 127\ в\quad R_д = \frac{200\,(168 - U_0)}{I_0};$$

$$\text{при } U_1 = 220\ в\quad R_д = \frac{200\,(290 - U_0)}{I_0};$$

$$I_1 = 2I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_д};\ P_{R_д} = \frac{I_1^2R}{1\,000\,000}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_0 = 250\ в$; $I_0 = 50\ ма$; $U_1 = 110\ в$.

Определяем:

$$U_{обр} = 3\cdot250 = 750\ в;\ I_{макс} = 7\cdot50 = 350\ ма.$$

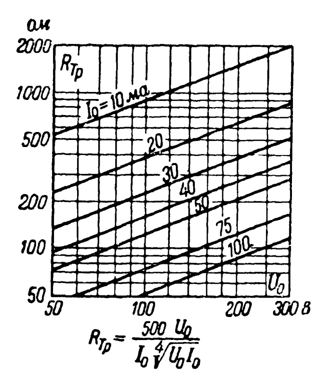


График и формула для определения сопротивления трансформатора в схеме однополупериодного выпрямителя.

Выбираем (см. стр. 181) кенотрон ВО-230 и находим $R_i = 200\ ом$.

По графику (или по формуле) получаем $R_{Tp} = 240\ ом$. Тогда:

$$U_2 = 0{,}75\cdot250 + \frac{50\,(200 + 240)}{265} = 270\ в;$$

$$I_2 = 2\cdot50 + \frac{12\cdot250}{200+240} = 107\ ма;$$

$$I_1 = \frac{1{,}2\cdot270\sqrt{107^2 - 50^2}}{110} = 280\ ма;$$

$$C_0 = \frac{60\cdot50}{250} = 12\ мкф;\ U_{C_0} = 1{,}2\cdot250 = 300\ в.$$

Выбираем (см. стр. 182) электролитический конденсатор в 10 *мкф* с $U_{C_0} = 300$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{600 \cdot 50}{250 \cdot 10} = 12\%$, т. е. выпрямитель пригоден, например, для питания обмотки возбуждения динамического громкоговорителя (см. стр. 189).

При $U_3 = 4$*в*; $I_3 = 700$ *ма*; $U_4 = 6{,}3$ *в* и $I_4 = 1\,000$ *ма*

$$I_{1общ} = 280 + \frac{700 \cdot 4}{110} + \frac{1\,000 \cdot 6{,}3}{110} = 363 \text{ ма}.$$

Двухполупериодная схема с нулевой точкой

Наиболее распространенная схема выпрямителя с двумя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения (обе половины вторичной обмотки трансформатора работают поочередно). Рекомендуется при выпрямляемой мощности более 10—15 *вт*. В схеме чаще всего применяется двуханодный кенотрон, реже — селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока (100 *гц*).

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 3U_0; \; I_{макс} = 3{,}5I_0;$$

$$U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{Tp})}{530};$$

$$I_2 = I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_{Tp}}; \quad I_1 = \frac{1{,}7U_2I_2}{U_1};$$

$$C_0 = \frac{30I_0}{U_0}; \; U_{C_0} = 1{,}2U_0; \; p_0 = \frac{300I_0}{U_0C_0};$$

$$I_{1общ} = I_1 + \frac{I_3U_3}{U_1} + \frac{I_4U_4}{U_1} + \ldots$$

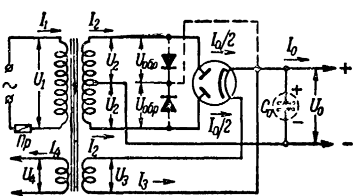


Схема двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой.

Пример расчета. *Дано*: $U_0 = 300$ *в*; $I_0 = 100$ *ма*; $U_1 = 110$ *в*.

Определяем:

$$U_{обр} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ в}; \; I_{макс} = 3{,}5 \cdot 100 = 350 \text{ ма}.$$

Выбираем (см стр. 181), например, кенотрон 5Ц4С и находим $R_i = 150$ *ом*.

По графику (или по формуле) получаем $R_{Tp} = 230$ *ом*. Тогда:

$$U_2 = 0{,}75 \cdot 300 + \frac{100(150 + 230)}{530} = 297 \text{ в};$$

$$I_2 = 100 + \frac{12 \cdot 300}{150 + 230} = 109 \text{ ма};$$

$$I_1 = \frac{1{,}7 \cdot 297 \cdot 109}{110} = 500 \text{ ма};$$

$$C_0 = \frac{30 \cdot 100}{300} = 10 \text{ мкф};$$

$$U_{C_0} = 1{,}2 \cdot 300 = 360 \text{ в}.$$

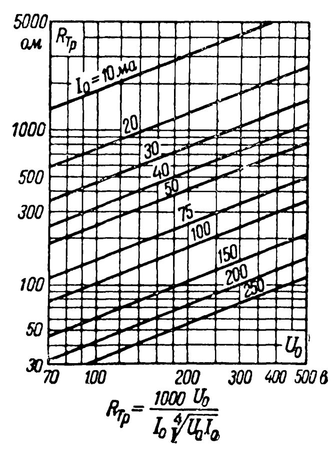


График и формула для определения сопротивления трансформатора в схеме двухполупериодного выпрямителя.

Выбираем (см. стр. 182) электролитический конденсатор в 10 *мкф* с $U_{C_0}=400$ *в*. В этом случае

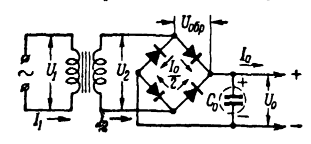
$$p_0 = \frac{300 \cdot 100}{300 \cdot 10} = 10\%.$$

При $U_3 = 5$ *в* $I_3 = 2\,000$ *ма*; $U_4 = 6{,}3$ *в* и $I_4 = 2\,000$ *ма*;

$$I_{1общ} = 500 + \frac{2\,000 \cdot 5}{110} + \frac{2\,000 \cdot 6{,}3}{110} = 705 \text{ ма}.$$

Двухполупериодная мостовая схема

Схема выпрямителя с четырьмя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения. В отличие от схемы двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой вторичная обмотка сетевого трансформатора в мостовой схеме не имеет отвода от середины, и напряжение на этой обмотке должно быть примерно равно напряжению половины вторичной обмотки сетевого трансформатора двухполупериодной схемы с нулевой точкой. Чаще всего используется для выпрямления сравнительно больших токов. В схеме, как правило, применяются селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока.



Мостовая схема двухполупериодного выпрямителя.

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 1{,}5U_0;\ I_{макс} = 3{,}5I_0;\ R_{Tp} = \frac{830U_0}{I_0\sqrt[4]{U_0I_0}};$$

$$U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(2R_i + R_{Tp})}{530};$$

$$I_2 = 1{,}41I_0 + \frac{16{,}6U_0}{2R_i + R_{Tp}};\ I_1 = \frac{1{,}2U_2I_2}{U_1};$$

$$C_0 = \frac{30I_0}{U_0};\ U_{C_0} = 1{,}2U_0;$$

$$p_0 = \frac{300I_0}{U_0C_0}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_0 = 400$ *в*; $I_0 = 200$ *ма*; $U_1 = 220$ *в*.
Определяем:
$U_{обр} = 1{,}5 \cdot 400 = 600$ *в*, $I_{макс} = 3{,}5 \cdot 200 = 700$ *ма*, а выпрямленный ток в одном плече составляет $\frac{200}{2} = 100$ *ма*.

Выбираем (см. стр. 182) селеновые столбики (4 шт.), составленные из дисков диаметром 35 *мм*. Так как обратное напряжение на один диск составляет 25 *в*, то число последовательно включенных дисков в каждом столбике $N = \frac{600}{25} = 24$ шт.

Находим (см стр. 182) $R_i = 24 \cdot 2{,}5 \sqrt{\frac{150}{100}} = 73$ *ом* и вычисляем

$$R_{Tp} = \frac{830 \cdot 400}{200\sqrt[4]{400 \cdot 200}} = 98 \text{ ом.}$$

Тогда:

$$U_2 = 0{,}75 \cdot 400 + \frac{200\,(2 \cdot 73 + 98)}{530} = 392 \text{ в};$$

$$I_2 = 1{,}41 \cdot 200 + \frac{16{,}6 \cdot 400}{2 \cdot 73 + 98} = 309 \text{ ма};$$

$$I_1 = \frac{1{,}2 \cdot 392 \cdot 309}{220} = 660 \text{ ма}; \quad C_0 = \frac{30 \cdot 200}{400} = 15 \text{ мкф};$$

$$U_{C_0} = 1{,}2 \cdot 400 = 480 \text{ в}.$$

Выбираем (см. стр. 182) электролитический конденсатор в 20 *мкф* с $U_{C_0} = 500$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{300 \cdot 200}{400 \cdot 20} = 7{,}5\%$.

Двухполупериодная схема с удвоением напряжения

Схема выпрямителя с двумя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения. Чаще всего применяется для питания бестрансформаторных приемников, в которых напряжение сети (110 или 127 *в*) заменяет напряжение вторичной обмотки сетевого трансформатора, а нити накала кенотрона и ламп соединяются последовательно и питаются непосредственно от той же сети. В схеме используются либо двуханодный кенотрон с раздельными катодами, либо селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока (100 *гц*).

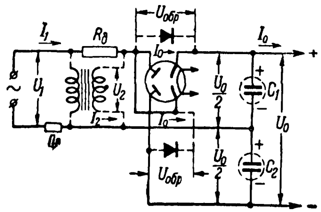


Схема двухполупериодного выпрямителя с удвоением напряжения.

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 1{,}5U_0; \; I_{макс} = 7I_0;$$

при $U_1 = 110$ *в*

$$R_д = \frac{100\,(290 - U_0)}{I_0} - R_i;$$

при $U_1 = 127$ *в* $\quad R_д = \frac{100\,(335 - U_0)}{I_0} - R_i;$

при $U_1 = 220$ *в* $\quad R_д = \frac{100\,(580 - U_0)}{I_0} - R_i;$

$$I_1 = 2{,}8I_0 + \frac{8U_0}{R_i + R_д}; \quad P_{R_д} = \frac{I_1^2 R_д}{1\,000\,000};$$

$$C_1 = C_2 = \frac{125I_0}{U_0}; \; U_{C_1} = U_{C_2} = 0{,}6U_0; \qquad p_0 = \frac{1\,250I_0}{U_0C_1}.$$

В схеме с сетевым трансформатором:

$$R_{Tp} = \frac{220U_0}{I_0\sqrt[4]{U_0I_0}}\ ;\ U_2 = 0{,}38U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{Tp})}{265};$$

$$I_2 = 2{,}8I_0 + \frac{8U_0}{R_i + R_{Tp}}\ ;\ I_1 \doteq \frac{1{,}2I_2U_2}{U_1}.$$

Пример расчета (бестрансформаторный вариант). *Дано:* $U_0 = 180$ *в*; $I_0 = 50$ *ма*; $U_1 = 127$ *в*.

Определяем:

$$U_{обр} = 1{,}5 \cdot 180 = 270\ в;\ I_{макс} = 7 \cdot 50 = 350\ ма$$

Выбираем (см. стр. 181) кенотрон 30Ц6С и находим $R_i = 150$ *ом* Тогда:

$$R_\partial = \frac{100(335-180)}{50} - 150 = 160\ ом;$$

$$I_1 = 2{,}8 \cdot 50 + \frac{8 \cdot 180}{150 + 160} = 145\ ма;$$

$$P_{R_\partial} = \frac{145^2 \cdot 160}{1\,000\,000} = 3{,}4\ вт;$$

$$C_1 = C_2 = \frac{125 \cdot 50}{180} = 35\ мкф;$$

$$U_{C_1} = U_{C_2} = 0{,}6 \cdot 180 = 108\ в.$$

Выбираем (см. стр. 182) электролитические конденсаторы по 30 *мкф* с $U_{C_1} = U_{C_2} = 150$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{1\,250 \cdot 50}{180 \cdot 30} = 12\%$.

Однополупериодная схема с умножением напряжения

Схема позволяет в зависимсти от числа каскадов умножения K получить примерно удвоенное, утроенное, учетверенное и т. д. по сравнению с выпрямляемым напряжением U_2 выпрямленное напряжение U_0. Применяется обычно при малом выпрямляемом токе I_0 (до 3—5 *ма*).

В схеме используются селеновые столбики. Частота пульсации равна частоте выпрямляемого тока (50 *гц*).

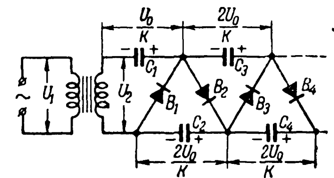


Схема однополупериодного выпрямителя с умножением напряжения.

Расчетные соотношения

$$U_2 = \frac{0{,}85U_0}{K}\ ;\ U_{обр} = 2{,}8U_2;$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \ldots = \frac{34I_0(K+2)}{U_2};$$

$$U_{C_1} = \frac{U_0}{K};\ U_{C_2} = U_{C_3} = U_{C_4} = \frac{2U_0}{K};$$

$$p_0 = \frac{200I_0(K+2)}{U_2C_1}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_0 = 1\,000$ *в*; $I_0 = 1$ *ма*, $K = 4$.

Определяем

$$U_2 = \frac{0{,}85 \cdot 1\,000}{4} \approx 213 \text{ в},$$

$$U_{обр} = 2{,}8 \cdot 213 \approx 600 \text{ в}$$

Выбираем (см. стр. 182) селеновые столбики (4 шт.), составленные из дисков диаметром 5 *мм*. Так как обратное напряжение на один диск составляет 25 *в*, то число последовательно включенных дисков в каждом столбике $N = \frac{600}{25} = 24$ шт.

Далее:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \frac{31 \cdot 1\,(4+2)}{213} = 1 \text{ мкф}.$$

$$U_{C_1} = \frac{1\,000}{4} = 250 \text{ в}, \; U_{C_2} = U_{C_3} = U_{C_4} = \frac{2 \cdot 1\,000}{4} = 500 \text{ в}.$$

В этом случае

$$p_0 = \frac{200 \cdot 1\,(4+2)}{213 \cdot 1} = 6\%$$

7-5. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Уменьшение величины пульсации выпрямленного напряжения осуществляется при помощи сглаживающего фильтра.

Фильтры к выпрямителям, работающим на емкость, представляют собой одно или два Г-образных звена, состоящих из индуктивности (дросселя) и емкости (конденсатора) или из сопротивления и емкости. Выбор того или иного звена или их сочетания определяется величиной пропускаемого через фильтр выпрямленного тока и возможностями использования наличных деталей.

Расчет фильтра производится по заданным величинам выпрямленного напряжения, тока, коэффициента пульсации и емкости конденсатора на входе фильтра.

При расчете определяют допустимый коэффициент пульсации на выходе фильтра (в зависимости от характера нагрузки) и при помощи упрощенных формул вычисляют нужные величины деталей фильтра и напряжение на выходе фильтра.

Допустимые значения пульсации

Характер нагрузки	Коэффициент пульсации p, %
Первые каскады микрофонных усилителей	0,001—0,002
Детекторные каскады, промежуточные каскады низкой частоты	0,01—0,05
Каскады высокой и промежуточной частоты, преобразовательные каскады	0,02—0,1
Однотактный выходной каскад низкой частоты	0,1—0,5
Двухтактный выходной каскад низкой частоты, электронные и газовые стабилизаторы напряжения, аноды электроннолучевых трубок	0,5—2
Обмотки возбуждения электродинамических громкоговорителей	До 20

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Выпрямленное напряжение на входе фильтра	U_0	*в*
Постоянное напряжение на выходе фильтра	U	*в*
Выпрямленный ток	I_0	*ма*
Коэффициент пульсации на входе фильтра	p_0	%
Коэффициент пульсации на выходе фильтра	p	%
Емкость конденсатора на входе фильтра	C_0	*мкф*
Емкость конденсаторов фильтра	C и C'	*мкф*
Индуктивность дросселей фильтра	L и L'	*гн*
Сопротивления в звеньях фильтра	R и R'	*ом*
Мощность, рассеиваемая на сопротивлениях фильтра	P_R и $P_{R'}$	*вт*

Фильтр из индуктивности и емкости

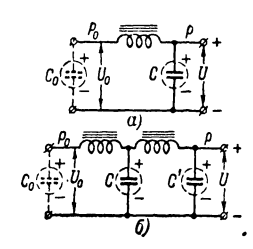
Применяется обычно при выпрямленном токе более 20 *ма*. При значениях LC менее 200 выполняется чаще всего в виде одного звена. При значениях LC более 200 добавляется второе звено. Емкость конденсатора C берется обычно такой же, как и емкость конденсатора C_0.

Расчетные соотношения

Для однополупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $LC=\frac{10p_0}{p}$, а при двух звеньях $LC=L'C'=\frac{3{,}2p_0}{\sqrt{p}}$.

Для двухполупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $LC=\frac{2{,}5p_0}{p}$ и при двух звеньях $LC=L'C'=\frac{0{,}8p_0}{\sqrt{p}}$.

Для всех схем U можно ориентировочно считать равным $0{,}8U_0$.



Схемы фильтров из индуктивности и емкости. *а* — однозвенный фильтр; *б* — двухзвенный фильтр.

Пример расчета. *Дано*: двухполупериодная схема выпрямителя для питания однотактного выходного каскада усилителя низкой частоты; $U_0=300$ *в*; $I_0=100$ *ма*; $p_0=10\%$; $C_0=10$ *мкф*.

Определяем (см. стр. 189) $p=0{,}2$.

При фильтре с одним звеном $LC=\frac{2{,}5\cdot10}{0{,}2}=125$.

Выбираем (см. стр. 182) конденсатор в 10 *мкф* с $U_C=300$ *в*.

В этом случае

$$L=\frac{125}{10}=12{,}5\ \text{гн}.$$

Затем подсчитываем:

$$U=0{,}8\,U_0=240\ \text{в}.$$

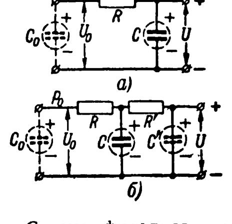
Фильтр из сопротивления и емкости

Применяется обычно при выпрямленном токе не более 20 *ма*. При значениях RC менее 100 000 выполняется чаще всего в виде одного звена. Второе звено добавляется при значениях RC более 100 000. Емкость конденсатора C берется обычно такой же, как и емкость конденсатора C_0.

Расчетные соотношения

Для однополупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $RC = \frac{3\,000p_0}{p}$, а при двух звеньях $RC = R'C' = \frac{1\,000p_0}{\sqrt{p}}$.

Для двухполупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $RC = \frac{1\,500p_0}{p}$ и при двух звеньях $RC = R'C' = \frac{500p_0}{\sqrt{p}}$. В схеме с одним звеном $U = U_0 - \frac{I_0R}{1\,000}$ и $P_R = \frac{I_0^2R}{1\,000\,000}$, а с двумя звеньями $U = U_0 - \frac{I_0(R+R')}{1\,000}$ и $P_{R'} = P_R$.



Схемы фильтров из сопротивления и емкости.
а — однозвенный фильтр; *б* — двухзвенный фильтр.

Пример расчета. *Дано*: однополупериодная схема выпрямителя для питания приемника с детекторным каскадом и каскадом низкой частоты:

$U_0 = 250$ *в*; $I_0 = 10$ *ма*; $p_0 = 10\%$; $C_0 = 20$ *мкф*.

Определяем (см. стр. 189) $p = 0{,}05$.

При однозвенном фильтре $RC = \frac{3\,000 \cdot 10}{0{,}0} = 600\,000$.

Так как RC получилось больше чем 100 000, то применяем двухзвенный фильтр, тогда $RC = R'C' = \frac{1\,000 \cdot 10}{\sqrt{0{,}05}} = 45\,000$.

Выбираем (см. стр. 182) конденсаторы C и C' по 20 *мкф* с $U_C = U_{C'} = 300$ *в*. В этом случае:

$$R = R' = \frac{45\,000}{20} \approx 2\,200 \text{ ом},$$

$$U = 250 - \frac{10\,(2\,200 + 2\,200)}{1\,000} = 206 \text{ в};$$

и

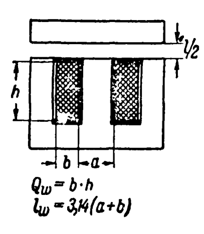
$$P_R = P_{R'} = \frac{10^2 \cdot 2\,200}{1\,000\,000} = 0{,}22 \text{ вт}.$$

7-6. ДРОССЕЛИ ФИЛЬТРА

Дроссель в сглаживающем фильтре служит для уменьшения пульсации выпрямленного тока. Он содержит сердечник из пластин трансформаторной стали и обмотку из медного изолированного провода (обычно марки ПЭ) Для получения большей индуктивности, сердечник дросселя, как правило, делается с зазором (прокладки из бумаги или картона) примерно от 0,2 до 1 *мм* (при большем токе через обмотку делают больший зазор). В приемниках в качестве дросселя фильтра часто используется обмотка подмагничивания динамического громкоговорителя.

Расчет дросселя производится по заданным величинам индуктивности, выпрямленного тока и зазора в сердечнике. При расчете определяют сечение сердечника, число витков, диаметр и сопротивление провода, сечение обмотки и падение напряжения на ней.

Величины, обозначения и единицы измерения



Разрез дросселя.

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Сечение сердечника дросселя	Q_c	*см*²
Индуктивность дросселя	L	*гн*
Выпрямленный ток	I_0	*ма*
Полная длина зазора в сердечнике	l	*мм*
Число витков обмотки	w	—
Диаметр провода обмотки	d	*мм*
Сечение обмотки	Q_w	*см*²
Сопротивление провода обмотки	R_w	*ом*
Средняя длина витка обмотки	l_w	*см*
Падение напряжения на обмотке	U_w	*в*

Расчетные соотношения

$$Q_c = \frac{LI_0^2}{20\,000l};\quad w = \frac{400\,000l}{I_0};\quad d = 0{,}025\sqrt{I_0};$$

$$Q_w = \frac{wd^2}{100};\quad R_w = \frac{0{,}0002wl_w}{d^2};\quad U_w = \frac{R_wI_0}{1\,000}.$$

Пример расчета. *Дано:* $L = 12{,}5$ *гн*; $I_0 = 100$ *ма*, $l = 1$ *мм*.

Определяем:

$$Q_c = \frac{12{,}5\cdot100^2}{20\,000\cdot1} = 6\ см^2;\quad w = \frac{400\,000\cdot1}{100} = 4\,000\ \text{витков};$$

$$d = 0{,}025\sqrt{100} = 0{,}25\ мм;\quad Q_w = \frac{4\,000\cdot0{,}25^2}{100} = 2{,}5\ см^2.$$

При средней длине витка, например, $l_w = 140$ *мм*,

$$R_w = \frac{0{,}0002\cdot4\,000\cdot140}{0{,}25} = 448\ ом\ \text{и}\ U_w = \frac{448\cdot100}{1\,000} = 44{,}8\ в.$$

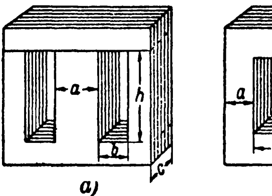
По найденным Q_c и Q_w выбираем тип пластин сердечника (см. стр. 193) Учитывая объем, занимаемый стенками каркаса и изоляционными прокладками, окно сердечника выбираем несколько бо́льшим, чем сечение обмотки.

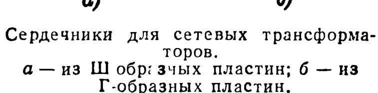
7-7. СЕТЕВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Сетевой (силовой) трансформатор служит для преобразования напряжения электросети переменного тока (обычно 110, 127 или 220 *в*) в более высокое напряжение для питания (после выпрямления) анодных цепей приемника, усилителя и т. п. и в более низкое — для непосредственного питания цепей накала.

Он содержит замкнутый сердечник из собранных вперекрышку Ш-образных или Г-образных пластин трансформаторной стали и изолированные друг от друга обмотки из медного изолированного провода (обычно марки ПЭ).

Для включения в электросеть с напряжением 110, 127 или 220 *в* первичная (сетевая) обмотка трансформатора выполняется либо в виде одной обмотки с двумя отводами, либо в виде двух одинаковых обмоток с одним отводом в каждой из них. Во втором случае переключение обмотки на различные напряжения производится обычно перестановкой восьмиштырьковой колодки (цоколь от радиолампы) в соответствующей контактной панельке (см. стр. 194).



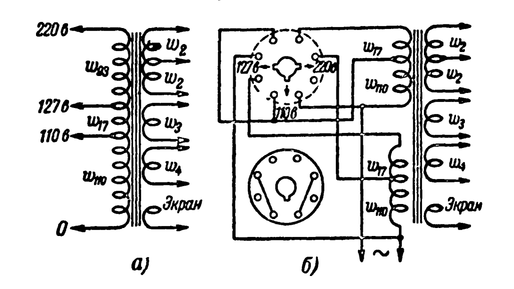

Сердечники для сетевых трансформаторов.
а — из Ш образных пластин; *б* — из Г-образных пластин.

Для защиты от помех, проникающих через электросеть, между сетевой (первичной) и другими (вторичными) обмотками помещается незамкнутый электростатический экран (чаще всего в виде однослойной обмотки из нетолстого изолированного провода, один из концов которой заземляется при монтаже).

Расчет трансформатора производится по заданным величинам переменных напряжений и токов в его обмотках. При расчете (по упрощенным формулам) определяются габаритная мощность, размеры сердечника, число витков и диаметр провода каждой обмотки. По приведенной таблице можно выбрать тип пластин для сердечника.

Типовые Ш-образные пластины

Тип пластины	Размеры				Пределы $Q_c \cdot Q_o$, $см^4$	Тип пластины	Размеры				Пределы $Q_c \cdot Q_o$, $см^4$
	a, см	b, см	h, см	$Q_o = b \cdot h$, $см^2$			a, см	b, см	h, см	$Q_o = b \cdot h$, $см^2$	
Ш-10	1	0,5	1,5	0,75	0,75—1,5	Ш-21	2,1	1,9	3,8	7,22	31,8—63,6
Ш-10	1	0,65	1,8	1,17	1,17—2,34	Ш-22	2,2	1,4	3,9	5,46	26,4—52,8
Ш-10	1	1,2	3,6	4,32	4,32—8,64	Ш 24	2,4	1,2	3,6	4,32	25—50
Ш-12	1,2	0,6	1,8	1,08	1,56—3,12	Ш 25	2,5	2,5	6	15	93,7—187
Ш-12	1,2	0,8	2,2	1,76	2,53—5,06	Ш-25	2,5	3,15	5,8	18,3	114—228
Ш-12	1,2	1,6	4,8	7,68	11,1—22,2	Ш-26	2,6	1,3	3,9	5,07	34,3—68,6
Ш-14	1,4	0,7	2,1	1,47	2,88—5,76	Ш-26	2,6	1,7	4,7	7,99	54—108
Ш-14	1,4	0,9	2,5	2,25	4,41—8,82	Ш-28	2,8	1,4	4,2	5,88	46,5—93
Ш-15	1,5	1,35	2,7	3,65	8,21—16,4	Ш-28	2,8	2,35	5	11,8	92,3—185
Ш-16	1,6	0,8	2,4	1,92	4,91—9,82	Ш-30	3	1,5	4,5	6,75	61—121
Ш 16	1,6	1	2,8	2,8	7,17—14,3	Ш-30	3	1,9	5,3	10,1	91 182
Ш-18	1,8	0,9	2,7	2,43	7,87—15,7	Ш-30	3	2,7	5,4	14,6	131—262
Ш-19	1,9	1,2	3,35	4,02	14,5—29	Ш-32	3,2	1,6	4,8	7,66	78,4—157
Ш 19	1,9	1,7	4,6	7,82	28,2—56,4	Ш-32	3,2	3,6	7,2	25,9	265—530
Ш-20	2	1	3	3	12—24	Ш-35	3,5	2,2	6,15	13,5	165—330
Ш-20	2	1,7	4,7	7,99	32—64	Ш-40	4	2	6	12	192—384
Ш-20	2	1,8	3	5,4	21,6—43,2	Ш-40	4	2,6	7,2	18,7	300—600
Ш-20	2	1,8	5,6	10,1	40,4—80,8	Ш-40	4	3	7	21	336—672



Схемы первичных обмоток трансформаторов, рассчитанных на включение в электросеть с напряжением 110, 127 или 220 *в*.
а — для обмотки с отводами; *б* — для двухсекционной обмотки.

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Габаритная мощность трансформатора	$P_г$	*ва*
Ширина стержня сердечника	a	*см*
Толщина пакета (пластин) сердечника	c	*см*
Сечение сердечника ($a \cdot c$)	Q_c	*см*²
Ширина окна сердечника	b	*см*
Высота окна сердечника	h	*см*
Площадь окна сердечника ($b \cdot h$)	Q_o	*см*²
Напряжения первой, второй, третьей, четвертой и т. д. обмоток	U_1, U_2, U_3 и U_4	*в*
Токи первой, второй, третьей, четвертой и т. д. обмоток	$I_{1общ}$, I_2, I_3 и I_4	*ма*
Число витков первой, второй, третьей, четвертой и т. д. обмоток	w_1, w_2, w_3 и w_4	—
Диаметр проводов первой, второй, третьей, четвертой и т. д. обмоток	d_1, d_2, d_3 и d_4	*мм*

Расчетные соотношения

Для однополупериодной схемы выпрямителя

$$P_г = \frac{0{,}95U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \dots}{1\,000};$$

для двухполупериодной схемы с нулевой точкой

$$P_г = \frac{1{,}7U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \dots}{1\,000};$$

для мостовой схемы и двухполупериодной схемы удвоения

$$P_г = \frac{U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \dots}{1\,000}.$$

С обмотками из провода марки ПЭ

$$Q_c \cdot Q_o = 1{,}6P_г,$$

из провода марки ПЭШО

$$Q_c \cdot Q_o = 2{,}1P_г,$$

из провода марки ПШД

$$Q_c \cdot Q_o = 2{,}4\,P_г. \quad Q_c = \frac{Q_c \cdot Q_o}{b \cdot h} \quad \text{и} \quad c = \frac{Q_c}{a}.$$

Отношение $\frac{c}{a}$ рекомендуется выбирать от 1 до 2.

$$w_1 = \frac{48U_1}{Q_c}; \quad w_2 = \frac{54U_2}{Q_c}; \quad w_3 = \frac{54U_3}{Q_c}; \quad w_4 = \frac{54U_4}{Q_c} \text{ и т. д.}$$

$$d_1 = 0{,}02\sqrt{I_{1\,общ}}; \quad d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2}; \quad d_3 = 0{,}02\sqrt{I_3};$$

$$d_4 = 0{,}02\sqrt{I_4} \text{ и т. д.}$$

Для первичной обмотки с отводами (см стр. 194):

$$w_{110} = \frac{5\,280}{Q_c}; \quad w_{17} = \frac{816}{Q_c}; \quad w_{93} = \frac{4\,464}{Q_c};$$

$$d_{110} = d_{17} = 0{,}7\sqrt{\frac{P_г}{U_{110}}}; \quad d_{93} = 0{,}7\sqrt{\frac{P_г}{U_{220}}}.$$

Для двухсекционной первичной обмотки (см. стр. 194):

$$w_{110} = \frac{5\,280}{Q_c}; \quad w_{17} = \frac{816}{Q_c}; \quad d_{110} = d_{17} = 0{,}5\sqrt{\frac{P_г}{U_{110}}}.$$

Пример расчета. *Дано.* двухполупериодная схема выпрямителя с нулевой точкой (см стр 185); $U_1 = 110$ *в*; $U_2 = 297$ *в*; $U_3 = 5$ *в*; $U_4 = 6{,}3$ *в*; $I_{1\,общ} = 705$ *ма*; $I_2 = 109$ *ма*, $I_3 = 2\,000$ *ма*; $I_4 = 2\,000$ *ма*

Определяем:

$$P_г = \frac{1{,}7 \cdot 297 \cdot 109 + 5 \cdot 2\,000 + 6{,}3 \cdot 2\,000}{1\,000} = 77{,}6 \text{ ва}.$$

С проводом марки ПЭ

$$Q_c \cdot Q_o = 1{,}6 \cdot 77{,}6 = 124 \text{ см}^4.$$

Выбираем (см стр 193) пластины Ш-25 с $Q_o = b \cdot h = 2{,}5 \cdot 6$. Тогда:

$$Q_c = \frac{124}{2{,}5 \cdot 6} = 8{,}3 \text{ см}^2 \quad \text{и} \quad c = \frac{8{,}3}{2{,}5} = 3{,}3 \text{ см}.$$

Отношение $\frac{c}{a} = \frac{3{,}3}{2{,}5} = 1{,}3$, т. е. лежит в пределах от единицы до двух, что означает правильный выбор типа пластин.

Далее вычисляем:

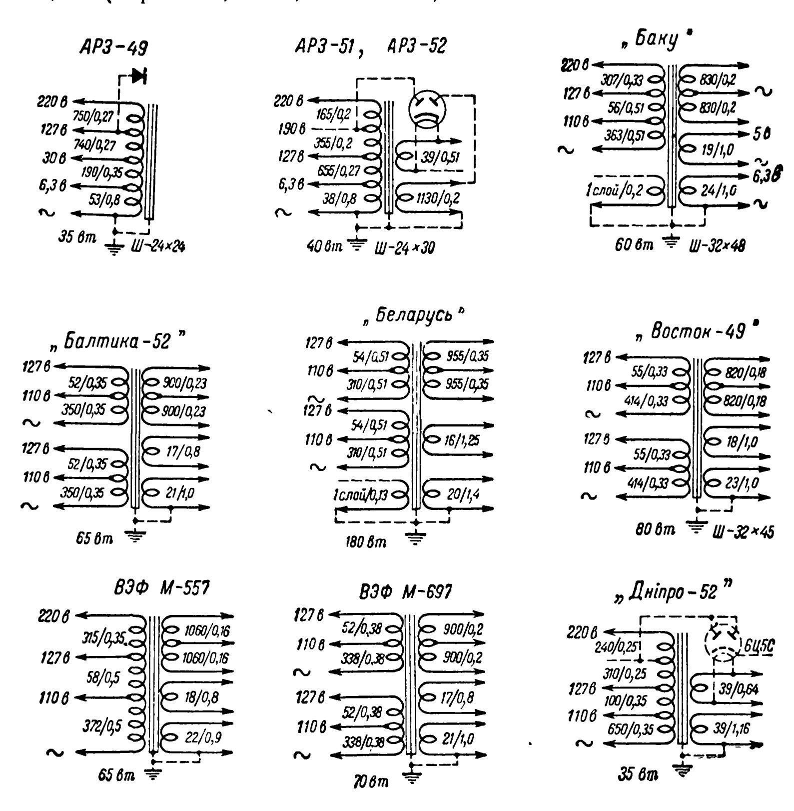
$$w_1 = \frac{48 \cdot 110}{8{,}3} = 638 \text{ витков}; \quad w_2 = \frac{54 \cdot 297}{8{,}3} = 1\,940 \text{ витков}; \quad w_3 = \frac{54 \cdot 5}{8 \cdot 3} = 33 \text{ витка};$$

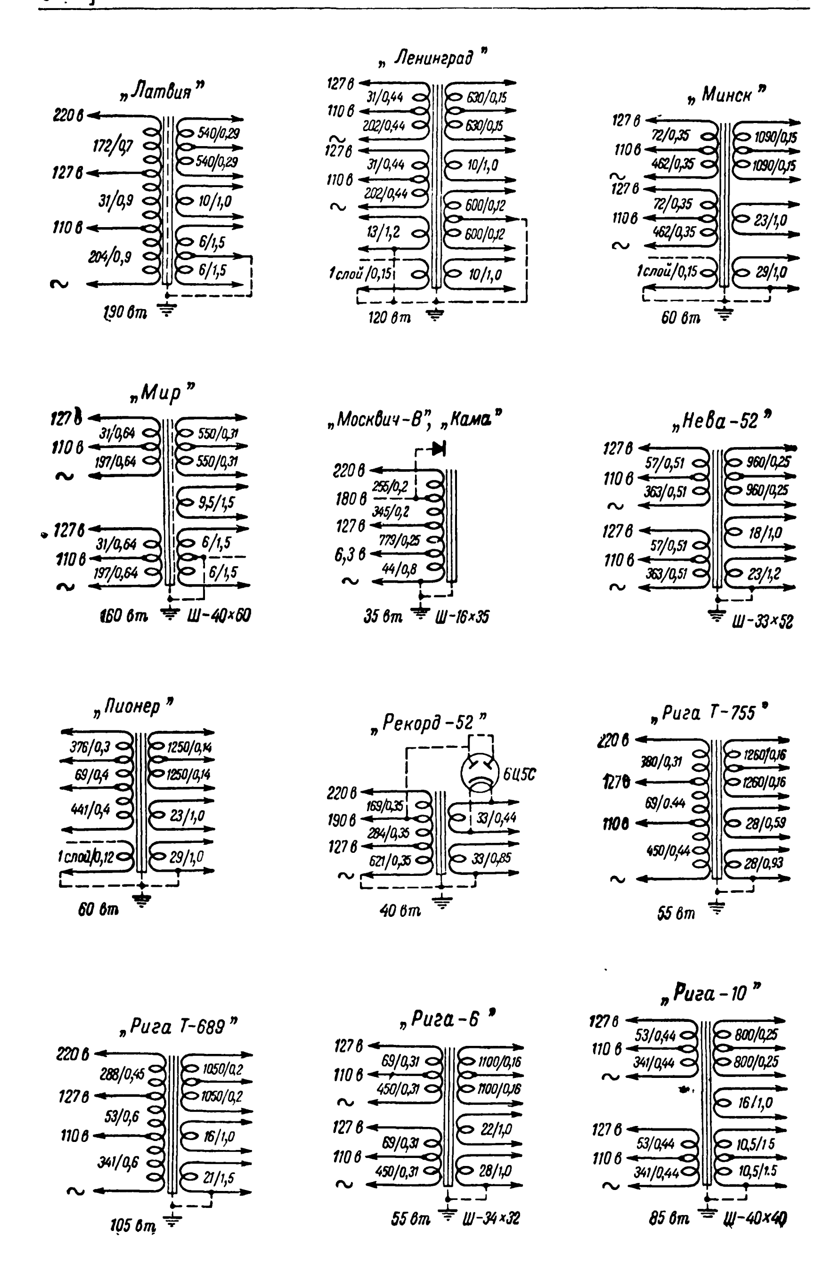
$$w'_4 = \frac{54\cdot 6,3}{8,3} = 41 \text{ виток}; \quad d_1 = 0,02\sqrt{705} = 0,53 \ \textit{мм}; \quad d_2 = 0,02\sqrt{109} = 0,2 \ \textit{мм};$$

$$d_3 = 0,02\sqrt{2\,000} = 0,9 \ \textit{мм}; \quad d_4 = 0,02\sqrt{2\,000} = 0,9 \ \textit{мм}.$$

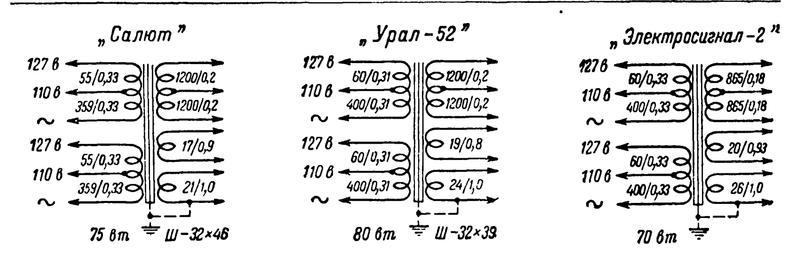
7-8. СЕТЕВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Ниже приводятся схемы и данные сетевых (силовых) трансформаторов современных радиовещательных приемников. Над каждой схемой обозначен тип приемника. У выводов сетевой обмотки показаны соответствующие напряжения. Возле каждой обмотки обозначены число витков и диаметр провода (например, 550/0,3 означает — 550 витков провода диаметром 0,3 *мм*). Под схемой указаны потребляемая приемником от электросети мощность (например, 160 *вт*) и размеры сердечника (например, Ш-40×60 означает — пластины типа Ш-40, толщина пакета 60 *мм*). Все обмотки выполнены проводом с эмалевой изоляцией (марки ПЭ, ПЭЛ, или ПЭЛ-1).





„Латвия"
220 в
172/0,7
127 в
31/0,9
110 в
204/0,9
~
540/0,29
540/0,29
10/1,0
6/1,5
6/1,5
190 вт
„Ленинград"
127 в
31/0,44
110 в
202/0,44
~
127 в
31/0,44
110 в
202/0,44
~
13/1,2
1 слой/0,15
630/0,15
630/0,15
10/1,0
600/0,12
600/0,12
10/1,0
120 вт
„Минск"
127 в
72/0,35
110 в
462/0,35
~
127 в
72/0,35
110 в
462/0,35
~
1 слой/0,15
1090/0,15
1090/0,15
23/1,0
29/1,0
60 вт
„Мир"
127 в
31/0,64
110 в
197/0,64
~
127 в
31/0,64
110 в
197/0,64
~
550/0,31
550/0,31
9,5/1,5
6/1,5
6/1,5
160 вт
Ш-40×60
„Москвич-В", „Кама"
220 в
255/0,2
180 в
345/0,2
127 в
779/0,25
6,3 в
44/0,8
~
35 вт
Ш-16×35
„Нева-52"
127 в
57/0,51
110 в
363/0,51
~
127 в
57/0,51
110 в
363/0,51
~
960/0,25
960/0,25
18/1,0
23/1,2
Ш-33×52
„Пионер"
376/0,3
69/0,4
441/0,4
1 слой/0,12
1250/0,14
1250/0,14
23/1,0
29/1,0
60 вт
„Рекорд-52"
6Ц5С
220 в
169/0,35
190 в
284/0,35
127 в
621/0,35
~
33/0,44
33/0,85
40 вт
„Рига Т-755"
220 в
380/0,31
127 в
69/0,44
110 в
450/0,44
~
1260/0,16
1260/0,16
28/0,59
28/0,93
55 вт
„Рига Т-689"
220 в
288/0,45
127 в
53/0,6
110 в
341/0,6
~
1050/0,2
1050/0,2
16/1,0
21/1,5
105 вт
„Рига-6"
127 в
69/0,31
110 в
450/0,31
~
127 в
69/0,31
110 в
450/0,31
~
1100/0,16
1100/0,16
22/1,0
28/1,0
55 вт
Ш-34×32
„Рига-10"
127 в
53/0,44
110 в
341/0,44
~
127 в
53/0,44
110 в
341/0,44
~
800/0,25
800/0,25
16/1,0
10,5/1,5
10,5/1,5
85 вт
Ш-40×40

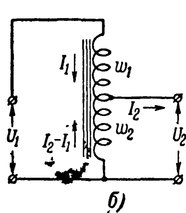


7-9. АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформаторы, у которых первичное и вторичное напряжения отличаются не более чем в 2 раза, при условии, когда не требуется разделения нагрузки от электросети, выполняются с одной общей обмоткой, имеющей соответствующие отводы. Такие трансформаторы называются автотрансформаторами.

Автотрансформатор, так же как и трансформатор, служит для повышения или понижения сетевого напряжения, но в отличие от трансформатора, он передает только часть мощности, потребляемой нагрузкой (другая часть мощности, потребляемая нагрузкой, идет непосредственно от электросети) Поэтому автотрансформатор в ряде случаев выгоднее трансформатора, так как требует меньшего расхода материалов и занимает меньше места.

Расчет автотрансформатора производится по заданным напряжениям и мощности, потребляемой нагрузкой от электросети. При расчете (по упрощенным формулам) определяются токи, габаритная мощность (мощность, передаваемая автотрансформатором), размеры сердечника, число витков и диаметр провода секций обмотки. По таблице (см стр 193) можно выбрать тип пластин для сердечника.



Схемы автотрансформаторов.
а — повышающий автотрансформатор; *б* — понижающий автотрансформатор.

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Потребляемая от электросети мощность	P	*ва*
Габаритная мощность автотрансформатора	$P_г$	*ва*
Напряжение первичной цепи	U_1	*в*
Напряжение вторичной цепи	U_2	*в*
Ток первичной цепи	I_1	*ма*
Ток вторичной цепи	I_2	*ма*
Ширина стержня сердечника	a	*см*
Толщина пакета (пластин) сердечника	c	*см*
Сечение сердечника	Q_c	*см*^{2}
Ширина окна сердечника . .	b	*см*
Высота окна сердечника . .	h	*см*
Площадь окна сердечника $b \cdot h$ (см. стр. 193)	Q_o	*см*^{2}

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Число витков первой секции обмотки	w_1	—
Число витков второй секции обмотки	w_2	—
Диаметр провода первой секции обмотки	d_1	*мм*
Диаметр провода второй секции обмотки	d_2	*мм*

Расчетные соотношения

$$I_1 = \frac{1\,000\,P}{U_1}; \qquad I_2 = \frac{1\,000P}{U_2}.$$

Для повышающего автотрансформатора

$$P_г = \frac{I_2(U_2 - U_1)}{1\,000}.$$

Для понижающего автотрансформатора

$$P_г = \frac{I_1(U_1 - U_2)}{1\,000}.$$

С обмоткой из провода марки ПЭ $Q_c \cdot Q_o = 1{,}6\,P_г$,

из провода марки ПЭШО $Q_c \cdot Q_o = 2{,}1\,P_г$,

из провода марки ПШД $Q_c \cdot Q_o = 2{,}4\,P_г$.

$$Q_c = \frac{Q_c \cdot Q_o}{b \cdot h} \quad \text{и} \quad c = \frac{Q_c}{a}.$$

Отношение $\frac{c}{a}$ рекомендуется выбирать от 1 до 2.

Для повышающего автотрансформатора

$$w_1 = \frac{48U_1}{Q_c}; \quad w_2 = \frac{54\,(U_2 - U_1)}{Q_c}; \; d_1 = 0{,}02\sqrt{I_1 - I_2}; \qquad d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2}.$$

Для понижающего автотрансформатора

$$w_1 = \frac{48\,(U_1 - U_2)}{Q_c}; \qquad w_2 = \frac{54\,U_2}{Q_c};$$

$$d_1 = 0{,}02\sqrt{I_1}; \qquad d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2 - I_1}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_1 = 127$ *в*; $U_2 = 220$ *в*; $P = 200$ *ва*. *Определяем*:

$$I_1 = \frac{1\,000 \cdot 200}{127} = 1\,575 \text{ ма}; \quad I_2 = \frac{1\,000 \cdot 200}{220} = 909 \text{ ма}; \quad P_г = \frac{909\,(220 - 127)}{1\,000} = 85 \text{ ва}.$$

С проводом марки ПЭ

$$Q_c \cdot Q_o = 1{,}6 \cdot 85 = 136 \text{ см}^4.$$

Выбираем (см. стр. 193) пластины Ш-30 с $Q_o = b \cdot h = 1{,}9 \cdot 5{,}3$. Тогда:

$$Q_c = \frac{136}{1{,}9 \cdot 5{,}3} = 13{,}5 \text{ см}^2 \text{ и } c = \frac{13{,}5}{3} = 4{,}5 \text{ см}.$$

Отношение $\frac{c}{a} = \frac{4{,}5}{3} = 1{,}5$, т. е. лежит в пределах от 1 до 2, что означает правильный выбор пластин.

Далее вычисляем:

$$w_1 = \frac{48 \cdot 127}{13{,}5} = 425 \text{ витков}; w_2 = \frac{54\,(220 - 127)}{13{,}5} = 372 \text{ витка};$$

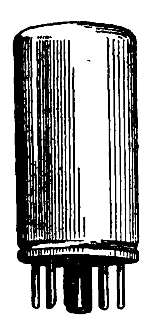
$$d_1 = 0{,}02\sqrt{1\,575 - 909} = 0{,}52 \text{ мм}; \quad d_2 = 0{,}02\sqrt{909} = 0{,}6 \text{ мм}.$$

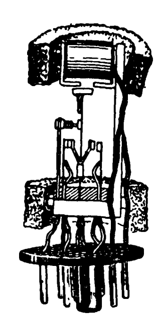
7-10. ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Вибропреобразователь (вибрационный преобразователь) служит для преобразования низкого напряжения постоянного тока в постоянный ток более высокого напряжения. Он состоит из вибратора (электромагнит с контактным прерывателем), повышающего трансформатора и механического, лампового или селенового выпрямителя. Это устройство позволяет питать от накальной батареи анодные цепи радиоприемника, усилителя и т. п.

Вибропреобразователи особенно удобны для передвижной и переносной радиоаппаратуры (например, для автомобильных приемников), а также для небольших колхозных радиоузлов. Коэффициент полезного действия вибропреобразователей составляет 40—70%.

Приводим данные вибропреобразователей, предназначенных для питания приемников и радиотрансляционных узлов небольшой мощности, и схему синхронного вибропреобразователя (с механическим выпрямлением) типа ВПР-6. Возможны также схемы с выпрямлением на кенотронах.





Внешний вид и устройство вибратора.

Данные вибропреобразователей

Тип вибропреобразователя	Тип вибратора	Питающее напряжение, *в*	Среднее значение питающего тока, *а*	Выпрямленное напряжение, *в*	Выпрямленный ток нагрузки, *ма*
ВПК	ВК	2,4	1,1	110	10
ВПКУ	В-25	2,4	0,8	110	10
ВП-1	В-6	6	0,33	110	10
ВПР-6	В-5	5	0,6/2	110/220	10/30
ВП-10А	В-26	26	0,57	220	50
ВП-10Б	В-12	12	1,26	220	50
ВП-21	В-6-21	6	5	300	70

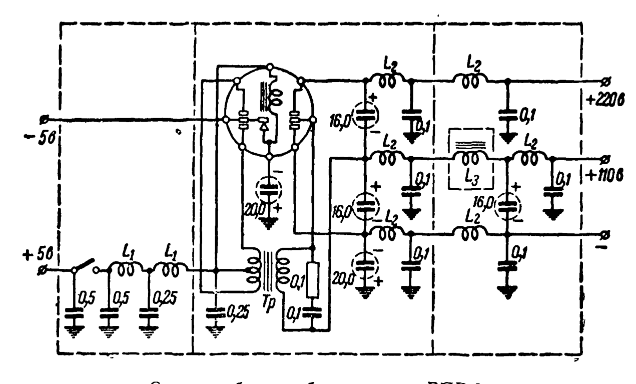


Схема вибропреобразователя ВПР-6.

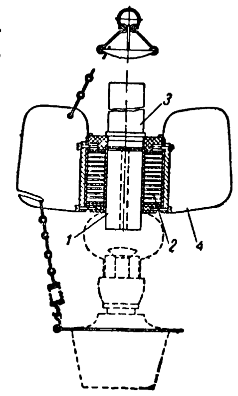
7-11. ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

Для питания батарейных радиоприемников «Родина-47», «Родина-52», «Искра» и др. выпускается термоэлектрический генератор типа ТГК-3.

Его действие основано на использовании термоэлектрического эффекта, заключающегося в том, что при нагревании места спая двух разных металлов между их свободными («холодными») концами, имеющими более низкую температуру, возникает постоянная э. д. с. (порядка милливольт).

Термоэлектрогенератор типа ТГК-3 состоит из двух термобатарей с большим числом последовательно соединенных термоэлементов из металлокерамики. Одна из них, дающая напряжение 2 *в* при токе 2 *а*, предназначена для питания анодных цепей приемника через вибропреобразователь, а другая, дающая напряжение 2 *в* при токе 0,5 *а*, — для питания нитей накала. Эта батарея имеет еще отвод на 1,2 *в* (при токе 0,36 *а*).

Термоэлектрогенератор нагревается керосиновой лампой «Молния», которая используется вместе с тем и для освещения. Он обладает длительным сроком службы и не боится коротких замыканий.



Устройство термоэлектрогенератора ТГК-3.
1 — теплопередатчик; *2* — блоки термобатареи; *3* — вытяжная труба; *4* — ребра охлаждения.

7-12. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Для поддержания постоянства питающего напряжения применяют феррорезонансные, газовые или электронные стабилизаторы.

Ф е р р о р е з о н а н с н ы е с т а б и л и з а т о р ы н а п р я ж е н и я используются для стабилизации питающего переменного напряжения.

Простейшая схема феррорезонансного стабилизатора на мощность до 60 *вт* обеспечивает на выходе достаточно устойчивое напряжение.

Простейшая схема феррорезонансного стабилизатора напряжения.

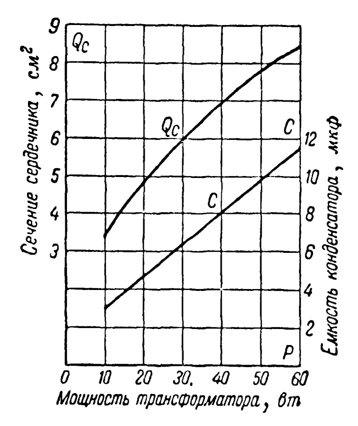
Расчетные соотношения

Сечение сердечника Q_c трансформатора *Тр* и емкость конденсатора *С* определяются по графику (см. стр. 202), в зависимости от мощности *Р* трансформатора (для постоянной нагрузки).

Сопротивление *R* можно брать в пределах 30—500 *ком.*

Число витков первичной обмотки $w_1 = \frac{40\,U_1}{Q_c}$.

Диаметр провода этой обмотки $d_1 = 0{,}9\sqrt{\frac{P}{U_1}}$.



Графики для определения сечения сердечника Q_c и емкости C.

Число витков вторичных обмоток

$$w_2=\frac{30U_2}{Q_c}.$$

Диаметр провода этих обмоток $d_2=0{,}8\sqrt{I_2}$.

Пример расчета. *Дано*: $P=20$ *вт*, $U_1=110$ *в*; $U_2=200$ *в*; $I_2=0{,}1$ *а*.
Из графика находим:

$$Q_c=5\ см^2 \text{ и } C=5\ мкф.$$

Затем определяем:

$$w_1=\frac{40\cdot 110}{5}=880 \text{ витков};$$

$$d_1=0{,}9\sqrt{\frac{20}{110}}=0{,}38\ мм;$$

$$w_2=\frac{30\cdot 200}{5}=1\,200 \text{ витков};$$

$$d_2=0{,}8\sqrt{0{,}1}=0{,}25\ мм.$$

Феррорезонансные стабилизаторы напряжения на мощность выше 60 *вт* выполняются по более сложным схемам, обеспечивающим высокий коэффициент стабилизации при изменении напряжения электросети в пределах примерно $\pm 40\%$.

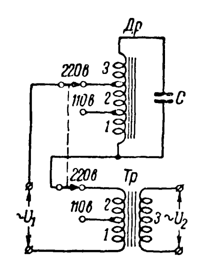


Схема феррорезонансного стабилизатора напряжения с дросселем.

Приводим ориентировочные данные таких стабилизаторов на мощности 80 и 140 *вт*.

Дроссель *Др*. Сердечник толщиной 4 *см* из пластин Ш-40. Обмотка *1* — 375 витков провода ПЭЛ 1,0. Обмотка *2* — 375 витков провода ПЭЛ 0,8. Обмотка *3* — 150 витков провода ПЭЛ 0,8.

Трансформатор *Тр*. Сердечник толщиной 4 *см* из пластин Ш-40 (на мощность 80 *вт*) или толщиной 7 *см* из пластин Ш-40 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *1* — 250 витков провода ПЭЛ 1,0 (на мощность 80 *вт*) или 140 витков провода ПЭЛ 1,16 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *2* — 250 витков провода ПЭЛ 0,69 (на мощность 80 *вт*) или 140 витков провода ПЭЛ 0,8 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *3* — 2,3 витка на 1 *в* (на мощность 80 *вт*) или 1,3 витка на 1 *в* (на мощность 140 *вт*).

Конденсатор *С*. Рабочее напряжение 600 *в*. Емкость 6 *мкф* (на мощность 80 *вт*) или 10 *мкф* (на мощность 140 *вт*).

Изготовленный стабилизатор необходимо испытать и отрегулировать при полной его нагрузке. Напряжение U_2 на обмотке *3* можно установить подбором емкости конденсатора *С*. При увеличении емкости это напряжение возрастает, при уменьшении — падает.

Газовые стабилизаторы используются для стабилизации выпрямленного напряжения. В зависимости от выпрямленного напряжения U при токах нагрузки $I_н$ не более 30 *ма* применяются лампы

типов СГ-2С, СГ-3С, СГ-4С или СГ-1П (см. стр. 107). Коэффициент стабилизации (для приведенной схемы) равен примерно десяти.

Расчетные соотношения

Для СГ-2С:

$$U = 110 \div 150\ в; \qquad R = \frac{1\,000\,(U - 75)}{I_н + (10 \div 20)};$$

$$P_R = \frac{(U - 75)^2}{R}.$$

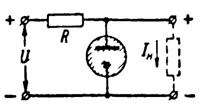


Схема газового стабилизатора напряжения.

Для СГ-3С:

$$U = 135 \div 210\ в; \qquad R = \frac{1\,000\,(U - 105)}{I_н + (10 \div 20)}; \qquad P_R = \frac{(U - 105)^2}{R}.$$

Для СГ-4С и СГ-1П

$$U = 190 \div 300\ в; \quad R = \frac{1\,000\,(U - 150)}{I_н + (10 \div 20)};$$

$$P_R = \frac{(U - 150)^2}{R}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U = 200\ в$; $I_н = 10\ ма$.

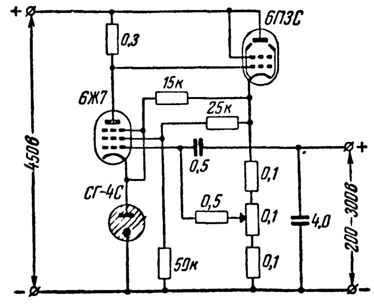
Выбираем лампу типа СГ-4С.

По рекомендуемым пределам тока через лампу (см. стр. 107) принимаем его равным 15 *ма* Чем больше колебание напряжения, тем большим (в указанных пределах) берется этот ток. Сопротивление

$$R = \frac{1\,000\,(200-150)}{10+15} = 2\,000\ ом.$$

Мощность, рассеиваемая на этом сопротивлении,

$$P_R = \frac{(200-150)^2}{2\,000} = 1{,}25\ вт.$$



Практическая схема электронного стабилизатора напряжения.

Электронные стабилизаторы используются также для стабилизации выпрямленного напряжения, причем коэффициент стабилизации у них выше (несколько десятков), чем у газовых стабилизаторов, а величина тока нагрузки принципиально не ограничена и зависит от примененной регулирующей лампы. Кроме того, схема электронного стабилизатора позволяет по желанию изменять в достаточно широких пределах величину выходного напряжения.

Приводим одну из практических схем электронного стабилизатора напряжения со всеми необходимыми данными.

7-13. КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ НАКАЛА РАДИОЛАМП

В цепь накала радиоламп, питающихся непосредственно (без трансформатора) от электросети переменного тока, можно вместо добавочного (гасящего) активного сопротивления включить последовательно конденсатор (бумажный) соответствующей емкости.

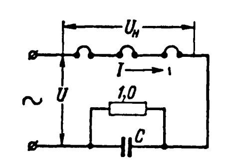


Схема включения конденсатора в цепь накала радиоламп.

При питании устройства от электросети с частотой 50 *гц*

$$C = \frac{3\,180 I}{\sqrt{U^2 - U_н^2}},$$

где C — нужная емкость конденсатора, *мкф*; I — протекающий по накальной цепи ток, *а*; U — напряжение электросети, *в*; $U_н$ — суммарное напряжение накала ламп.

Сопротивление в 1 *мгом*, подключенное параллельно конденсатору C, служит утечкой и при расчете не принимается во внимание.

Пример расчета. *Дано*: Лампы 6Ж7, 30П1С и 30Ц6С; U=220 *в*; I=0,3 *а*; $U_н$ = =6+30+30=66 *в*.

Определяем:

$$C = \frac{3\,180 \cdot 0{,}3}{\sqrt{220^2 - 66^2}} = 4{,}5 \text{ мкф}.$$

ЛИТЕРАТУРА

Спижевский И. И., Батареи для лампового приемника, Госэнергоиздат, 1952, 16 с.

Мазель К. Б., Стабилизаторы напряжения и тока, Госэнергоиздат, 1955, 136 с.

Дольник А. Г., Выпрямители с умножением напряжения, Госэнергоиздат, 1952, 32 с.

Даниель-Бек В., Воронин А., Рогинский Н., Термоэлектрогенератор, „Радио", 1954, № 2, 24 с.

Калинин И., Вибропреобразователи, „Радио", 1954, № 9, 31 с.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

8-1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

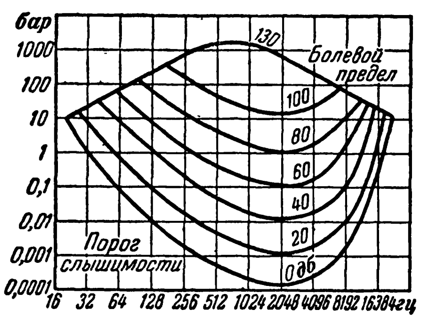
Звук — колебания воздуха, возникающие при механических колебаниях (вибрациях) разных тел и воздействующие на человеческое ухо. Диапазон слышимых колебаний — в среднем от 20 до 16 000 *гц*. Скорость распространения звука в воздухе около 340 *м/сек*. Звуковые колебания могут распространяться не только в воздухе, но и в другой среде.

Тон — синусоидальное звуковое колебание. Высота тона определяется числом колебаний в секунду. С увеличением числа колебаний растет высота тона.

Звуковое давление — давление на 1 *см*², создаваемое звуковыми колебаниями. Измеряется в барах.

Бар — единица звукового давления. 1 *бар* — давление, испытываемое поверхностью в 1 *см*² под действием силы в 1 дину (1 *бар* = = 1,02 *мг/см*²). Громкость, достаточная для обычной жилой комнаты, получается при давлении в 2—3 *бар* на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя.

Звуковая мощность — звуковая энергия, проходящая через данную поверхность за 1 сек. Звуковая мощность может быть определена по величине звукового давления.



Кривые равной громкости.

Сила звука — звуковая мощность, проходящая в 1 сек. через поверхность в 1 *см*². Сила звука пропорциональна квадрату звукового давления. Измеряется в *мквт/см*².

Громкость — сила звукового ощущения, вызываемого у человека с нормальным слухом. Громкость изменяется пропорционально не силе звука, а логарифму ее изменения. Обычно громкостью называют число децибелов, на которое данный звук превышает звук, принятый за порог слышимости.

Порог слышимости — граница чувствительности человеческого уха, наиболее тихий слышимый звук. Для тона в 1 000 *гц* это соответствует давлению примерно в 0,0002 *бар* или силе звука в 10^{-10} *мквт/см*².

Болевой предел — верхний предел чувствительности человеческого уха, такое давление, при котором звук воспринимается в виде болевого ощущения. Для тона в 1 000 *гц* это соответствует давлению примерно в 1 000 *бар*.

Кривые равной громкости — линии, соединяющие на графике точки, которые обеспечивают впечатление одинаковой громкости при разной высоте тона. Благодаря особенностям человеческого уха низшие и высшие частоты воспринимаются хуже, чем средние, и поэтому для получения одинаковой громкости на них требуется большее звуковое давление.

Основой тон — наиболее низкий тон, создаваемый колеблющимся телом (источником звука)

Обертона — все тона, кроме основного, создаваемые колеблющимся телом. Если их частоты в целое число раз (2, 3, 4 и т. д.) больше, чем число колебаний основного тона, то их называют гармоническими обертонами.

Шум — совокупность очень большого числа отдельных тонов разной высоты и громкости.

Тембр — «окраска» звука. Определяется числом и частотой обертонов. Состав последних характерен для разных источников звука.

Интервал — отношение числа колебаний двух тонов. Основной музыкальный интервал — октава, соответствует отношению частот 2 : 1.

Интерференция — взаимно ослабляющее или усиливающее действие двух звуковых колебаний одинаковой частоты, прибывающих одновременно в одно место с разницей в фазах. При совершенно одинаковых фазах происходит увеличение, а при противоположных — уменьшение громкости.

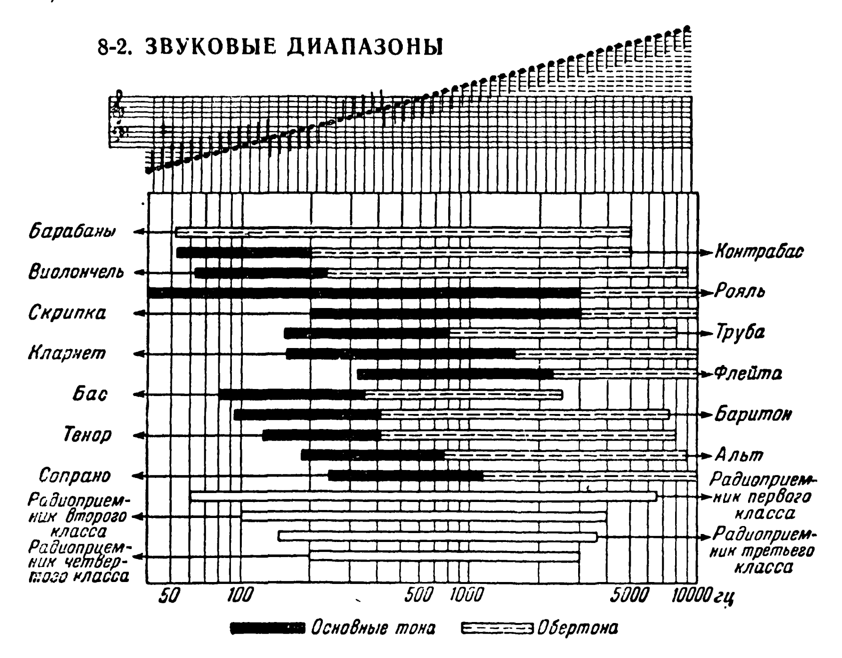
Биения — интерференция двух тонов, мало отличающихся по частоте. При биениях происходят периодические изменения амплитуды результирующих колебаний, получающихся от сложения основных тонов.

Динамический диапазон — разница между наибольшей и наименьшей громкостью в звуковой передаче Измеряется в децибелах.

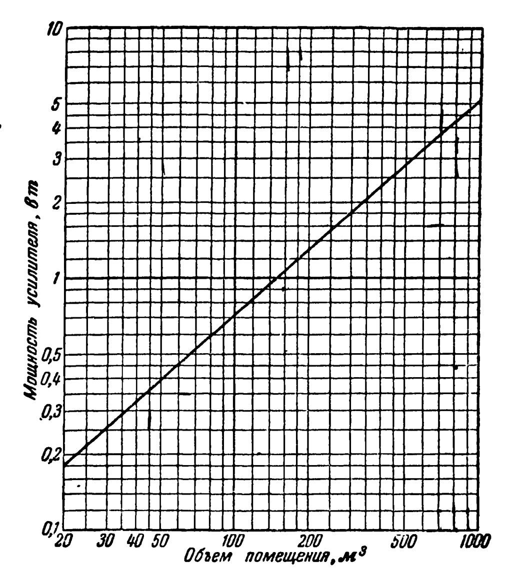
Разборчивость (артикуляция) — отношение числа правильно принятых слогов к общему числу произнесенных слогов. Для определения разборчивости пользуются специальными сочетаниями слогов, исключающими возможность угадывания слога по смыслу.

Реверберация — остаточное «послезвучание» в закрытых помещениях, после того как звук перестал действовать. Существует благодаря многократным отражениям звука от разных поверхностей (стен, пола, потолка). Реверберация измеряется разницей во времени между прекращением звучания источника и спаданием звукового давления до 0,001 его начального значения.

8-2. ЗВУКОВЫЕ ДИАПАЗОНЫ



8-3. НЕОБХОДИМАЯ МОЩНОСТЬ УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ ГРОМКОСТИ (65—70 *дб*) В ПОМЕЩЕНИИ



8-4. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Среда	Скорость звука, *м/сек*
Резина	50
Воздух	343
Пробка	500
Вода	1 480
Дерево	3 350
Медь	3 950
Сталь	5 100
Стекло	5 400

8-5. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

В громкоговорителе электрическая мощность звуковой частоты, создаваемая на выходе приемника или усилителя, преобразовывается в звук.

В радиоаппаратуре практическое применение находят громкоговорители трех видов: электромагнитные, электродинамические и пьезоэлектрические.

Электромагнитная система. Между полюсами постоянного магнита *М* находится стальной якорь *Я*, который проходит сквозь катушку *К*. Через катушку пропускается ток звуковой частоты, и под действием переменного магнитного поля происходят колебания якоря и связанного с ним диффузора *Д*.

Устройство электромагнитного громкоговорителя.

Свойства — хорошая чувствительность, плохая частотная характеристика, значительные искажения.

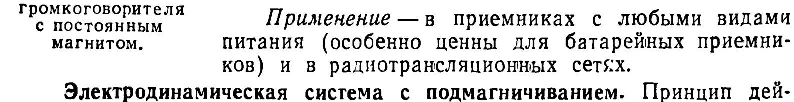
Мощность — до 0,25 — 0,5 *вт*.

Включение — непосредственно в анодную цепь выходной лампы.

Применение — при невысоких требованиях к качеству звучания и при малой требуемой мощности.

Электродинамическая система с постоянным магнитом. В кольцевом поле постоянного магнита *М* находится подвижная катушка *К*,

связанная с диффузором *Д*. Проходящий через катушку ток звуковой частоты образует вокруг нее переменное магнитное поле, которое, взаимодействуя с полем постоянного магнита, создает силу, движущую катушку.



Устройство электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом.

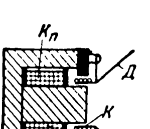
Свойства — хорошая частотная характеристика и большой диапазон излучаемых мощностей.

Мощность — от долей ватта до десятков и сотен ватт.

Включение — через согласующий трансформатор, так как сопротивление звуковой катушки составляет всего 2—15 *ом*.

Применение — в приемниках с любыми видами питания (особенно ценны для батарейных приемников) и в радиотрансляционных сетях.

Электродинамическая система с подмагничиванием. Принцип действия тот же, что и с постоянным магнитом, но магнитное поле создается катушкой подмагничивания $К_п$. Свойства — те же, но за счет подмагничивания возможно получение более сильного магнитного поля в зазоре, а вместе с тем и большей чувствительности.

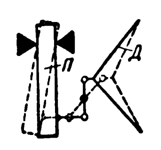


Устройство электродинамического громкоговорителя с подмагничиванием.

Применение — в приемниках с сетевым питанием и в мощных усилительных установках.

Пьезоэлектрическая система. К обкладкам пьезоэлемента *П* подводится переменное напряжение звуковой частоты, за счет которого в элементе возникают механические колебания той же частоты. Эти колебания передаются диффузору *Д*, связанному с пьезоэлементом.

Свойства — сильное подчеркивание высших звуковых частот.



Устройство пьезоэлектрического громкоговорителя.

Мощность — ограничивается прочностью пьезоэлемента.

Включение — дроссельный выход (сопротивление громкоговорителя очень высокое и имеет емкостный характер).

Применение — при наличии небольшой выходной мощности усилителя, а также в качестве громкоговорителя высоких частот.

8-6. ЗВУКОСНИМАТЕЛИ

В звукоснимателе механические колебания граммофонной иглы преобразуются в электрические колебания звуковой частоты, которые в дальнейшем усиливаются до необходимой величины и воспроизводятся при помощи громкоговорителя.

Практическое применение находят звукосниматели электромагнитной и пьезоэлектрической систем.

Электромагнитная система. Стальной якорь *Я*, связанный с иглой, движется внутри катушки *К*, находящейся в поле постоянного магни-

Электродинамические громкоговорители

Тип громкоговорителя	В каком приемнике применяется	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Чувствительность[1], *бар*	Звуковая катушка			Катушка подмагничивания		
						Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*
ДГС	—	0,04	200—4 500	20	2	63	0,15	4,9	С постоянным магнитом		
ДГМ	—	0,15	150—4 500	20	2	41	0,23	1,25	То же		
„Байкал", „Север"	—	0,2	250—3 000	20	4	57	0,16	4	„ „		
„Сибирь"	—	0,25	150—5 000	20	—	—	—	—	„ „		
0,5ГД-2	„Рекорд", „Москвич", АРЗ (с 1954 г.)	1	120—6 000	10	2,5	63	0,12	5,5	„ „		
0,5ГД-5	„Родина", „Искра" (с 1954 г.)	1	100—6 000	15	3	63	0,12	5,5	„ „		
1ГД1	АРЗ-49 „Москвич В"	1	150—5 000	15	2,5	61	0,16	3,25	„ „		
—	„Рига Б-912"	1	150—6 000	15	4	45	0,15	2,8	„ „		
1ГДМ-1,5 (1,5ГД-1)	„Рекорд", „Рекорд-47"	1,5	150—5 000	15	2,5	57	0,16	3	„ „		
2ГДМ-3	„Родина", „Родина-47", „Урал-49"	3	90—5 000	15	3	62	0,18	3,2	„ „		
2ГДП-3	„Восток-47" (7Н-27), „Урал-47"	3	—	—	—	65	0,2	3	14 400	0,2	1 200
3ГД-2	—	3	100—6 000	12	3	62	0,18	3	С постоянным магнитом		
3ГД-3	„Восток-49", „Родина-47" (вып. 1950 г.), „Урал-49"	3	100—6 000	15	2,5	62	0,18	3,4	То же		

Продолжение

Тип громкоговорителя	В каком приемнике применяется	Номинальная мощность, *ва*	Диапазон воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Чувствительность [1], *бар*	Звуковая катушка			Катушка подмагничивания		
						Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*
3ГДМП-ВЭФ [3]	—	3	100—6 000	15	3	49	0,23	1,6	4 500	0,15	520
—	ВЭФ М 557	3	—	—	-	23	0,22	2	11 000	0,18	900
—	„Балтика", ВЭФ М-697	3	—	—	—	53	0,2	2,4	4 500+23	0,15 и 0,18	520+0,27
—	„Рига-6"	3	—	—	—	59	0,2	2,65	С постоянным магнитом		
—	„Рига Т-755"	3	100—6 000	17	3,5	59	0,2	2,65	12 200	0,18	1 000
—	6Н-25	3	—	—	—	52	0,23	1,7	11 000	0,16	1 265
ДГФ-5	—	5	150—6 000	15	4	65	0,2	4,8	С постоянным магнитом		
5ГЭД-5	—	5	70—6 500	12,5	4	—	—	2	—	—	1 000
—	„Рига Т-689"	6	80—8 000	17	5,5	92	0,15	12	9 000	0,25	520
—	„Рига-10"	8	80—7 000	12	5,5	120	0,17	12	С постоянным магнитом		
8ГД-2	„Мир"	8	80—7 000	12	5,5	75	0,25	2,8	То же		
10ГД-4	—	10	70—8 000	12	3,5	—	—	10	„ „		
10ГД-5	—	10	50—7 000	12	3,5	—	—	2,8	„ „		
10ГД-6 [2]	—	10	40—10 000	15	3	—	—	40	„ „		
Р-10	—	10	250—4 000	20	6	39	0,21	1,7	„ „		
РД-10	—	10	200—3 500	6	11	—	—	16	—	—	3 200
—	„Латвия"	10	—	—	—	115	0,18	8	7 900+28,5	0,14 и 0,35	215+0,25
ДГР-25	—	25	150—5 000	20	—	—	—	6	61	0,2	—
Р-100	—	100	200—3 000	20	12	49	0,2	4,8	—	—	—

[1] Звуковое давление, развиваемое при потребляемой мощности звуковой частоты в 0,1 *ва*.
[2] Двухполосный громкоговоритель.
[3] С постоянным магнитом и подмагничиванием.

та *М* Колебания якоря вызывают изменения магнитного потока, пересекающего катушку, и в последней наводится э. д. с., пропорциональная амплитуде колебаний якоря.

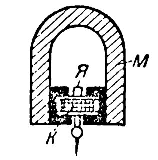
Средняя величина развиваемой э. д. с. — от 0,15 до 0,25 *в*.

Внутреннее сопротивление — (индуктивного характера) — от 1 000 до 12 000 *ом*

Величина нагрузочного сопротивления — от 0,2 до 1 *мгом*.

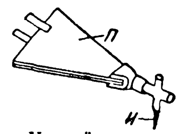
Частотная характеристика — удовлетворительной формы, достаточно равномерная.

Давление на пластинку — большое, от 60 до 120 *г*.



Устройство электромагнитного звукоснимателя.

Пьезоэлектрическая система Колебания иглы *И* оказывают скручивающее усилие на пьезоэлемент — трапецоидальную пластинку *П* из сегнетовой соли или из фосфата аммония. Механические деформации вызывают появление электрических зарядов на гранях пьезоэлемента Развиваемая э д. с. пропорциональна амплитуде колебаний иглы.



Устройство пьезоэлектрического звукоснимателя.

Средняя величина развиваемой э. д. с. — от 0,5 до 1 *в*.

Внутреннее сопротивление — емкостное.

Величина нагрузочного сопротивления — от 0,5 до 2 *мгом*.

Частотная характеристика — имеет равномерный спад, начиная с 200 *гц*; в области высших звуковых частот имеет пик.

Давление на пластинку — малое, от 30 до 70 *г*.

Электромагнитные звукосниматели

Тип	Вес, приведенный к концу иглы, *г*	Катушка		Сопротивление, *ом*		Рабочий диапазон частот, *гц*
		Число витков	Провод	активное	полное на частоте 1 000 *гц*	
З-да „Радист" . .	120	6 000	ПЭ 0,05	3 000	12 000	75÷4 500
З-96 („Аккорд")	90	4 500	ПЭ 0,05	1 600	4 000	50÷5 500
З-94	60	4 500	ПЭ 0,05	1 600	3 000	75÷6 500

Пьезоэлектрические звукосниматели

Тип	Вес, приведенный к концу иглы, *г*	Материал пьезоэлемента	Рабочий диапазон частот, *гц*	Нагрузочное сопротивление, *мгом*
АПР	70—80	Сегнетовая соль	— (пик на частоте 6 000—7 000)	0,5
ПЗ-1	70—80	То же	То же	0,5
Универсальный з-да „Эльфа"	30 (для обычных) и 16 (для долгоиграющих)	Фосфат аммония	75÷6 500 (пик на частоте 4 000—5 000)	1

ЛИТЕРАТУРА

Иофе В. К. Электроакустика, Связьиздат, 1954, 184 с.,

Жук М. С. Электродинамический громкоговоритель, Госэнергоиздат. 1950, 40 с.

Жук М. С. и Бектабегов А К., Граммофонные звукосниматели, Госэнергоиздат, 1950, 48 с

Корольков В. Г., Механическая система записи звука, Госэнергоиздат, 1951, 80 с.

Дольник А Г., Громкоговорители, Госэнергоиздат, 1953, 48 с.

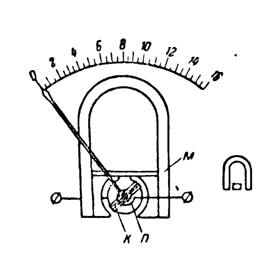
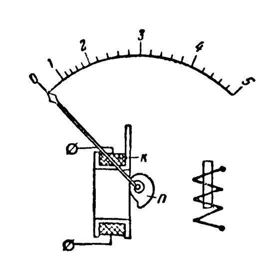
Шифман Д., Новые громкоговорители, „Радио", 1954, № 3, 38 с.

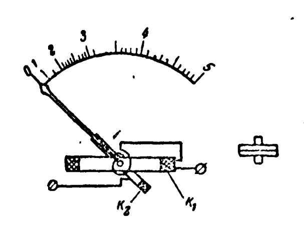
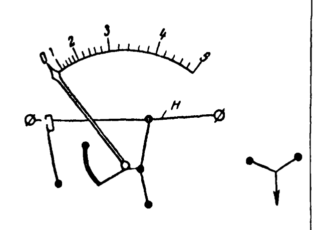
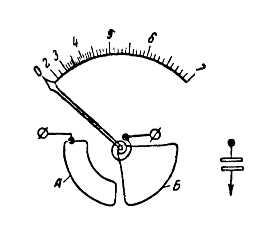
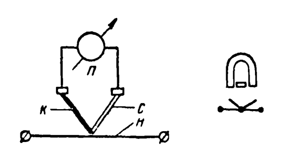
Бектабегов А., Универсальные пьезоэлектрические звукосниматели „Радио", 1953, № 10, 56 с.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ИЗМЕРЕНИЯ

9-1. СИСТЕМЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПРИБОРОВ

Схематическое устройство и обозначение прибора	Принцип работы, свойства и применение
	**Магнитоэлектрическая система** В поле постоянного магнита *М* находится вращающаяся катушка *К*, по которой проходит измеряемый ток. Угол поворота катушки, преодолевающей противодействие спиральной пружинки *П*, прямо пропорционален току. Нулевое положение стрелки устанавливается при помощи той же пружинки *П*. Прибор дает большую точность измерения. Шкала прибора линейная (равномерная) Потребляемый ток обычных вольтметров 1—10 *ма*, высокочувствительных образцов 25—250 *мка* и амперметров 5 — 30 *ма*. Внутреннее сопротивление вольтметров 100—1 000 *ом* на 1 *в*, а у специальных типов до 20 000 *ом* на 1 *в* шкалы. Применяется для измерения постоянного тока и напряжения. С детектором используется для измерения переменных токов и напряжений низкой частоты, а с термопреобразователем для измерения токов высокой частоты.
	**Электромагнитная система** Ток проходит по обмотке плоской неподвижной катушки *К*, внутри которой вращается эксцентрично укрепленная пластинка *П* из мягкой стали. Пластинку втягивает внутрь катушки магнитное поле, создаваемое измеряемым током. Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Потребляемый ток 10—50 *ма*. Внутреннее сопротивление вольтметров в среднем около 30 *ом* на 1 *в* шкалы. Применяется для измерения постоянного и переменного тока и напряжения промышленной частоты.

Схематическое устройство и обозначение прибора	Принцип работы, свойства и применение
	**Электродинамическая система** Прибор состоит из неподвижной катушки K_1 и подвижной K_2. Ток проходит по обеим катушкам, причем K_2 вращается внутри K_1. Угол поворота катушки K_2 зависит от величины тока, проходящего по катушкам. Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Потребляемый ток и внутреннее сопротивление зависят от конструкции прибора. Применяется для измерения постоянного и переменного тока и напряжения низкой частоты, а также для измерения мощности.
	**Тепловая система** Туго натянутая тонкая платино-иридиевая нить *Н* нагревается проходящим через нее измеряемым током Вызываемое этим удлинение нити влечет за собой вращение оси стрелки. Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Сопротивление нити порядка 0,1 *ом*. Система невосприимчива к внешним мешающим полям. Показания зависят от окружающей температуры. Применяется для грубых измерений переменных токов высокой частоты.
	**Электростатическая система** Прибор состоит из неподвижных *А* и подвижных *Б* пластин Измеряемое напряжение подводится одним полюсом к неподвижным пластинам, а другим к подвижным, которые втягиваются при этом внутрь неподвижных. Угол поворота стрелки зависит от величины приложенного напряжения. Прибор практически не потребляет мощности. Шкала сжата вначале и почти равномерна в остальной части. Применяется для измерения высоких напряжений в цепях постоянного и переменного тока.
	**Термоэлектрическая система** Измеряемый ток проходит через нить *Н* и подогревает место спая термопары, состоящей из стальной *С* и константановой *К* проволок. Между этими проволоками возникает термо-э. д. с., которая создает постоянный ток через магнитоэлектрический прибор *П*. Прибор градуируется на значения переменного тока, протекающего через нить *Н*. Шкала прибора неравномерная, близкая к квадратичной. Точность невысокая: порядка 2,5% на технической частоте и порядка 5% на высокой частоте. Применяется для измерения переменных токов низкой и высокой частоты.

Схематическое устройство и обозначение прибора	Принцип работы, свойства и применение
А Б	**Детекторная система** Измеряемое переменное напряжение (или ток) выпрямляется при помощи выпрямителя *В* (обычно купроксного типа) и затем подводится к магнитоэлектрическому прибору *П* Выпрямление производится по однополупериодной (фиг *А*) или по мостовой (фиг *Б*) схеме. Шкала сжата вначале и почти равномерна в остальной части Прибор обладает высокой чувствительностью и малым собственным потреблением тока. Применяется для измерения токов и напряжений с частотой до нескольких килогерц.

9-2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРОВ, ПРИВОДИМЫЕ НА ИХ ШКАЛАХ

Техническая характеристика	Условное обозначение	Техническая характеристика	Условное обозначение
Вольтметр	V	Класс точности прибора 2,5	(2,5)
Амперметр	A	Изоляция прибора испытана напряжением 2 *кв*	2кV
Омметр	Ω	Вертикальная установка прибора	↑
Прибор предназначен для включения в цепь постоянного тока	—	Горизонтальная установка прибора	→
Прибор предназначен для включения в цепь переменного тока	~	Наклонная установка прибора под углом 60°	∠60°
Прибор может включаться в цепи постоянного и переменного тока	≂	Предостерегающий знак высокого напряжения	⚡⚡

9-3. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ

По степени точности измерения электроизмерительные приборы делятся на семь классов: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4 (ГОСТ 1845-52).

Показатель класса характеризует наибольшую допустимую погрешность измерения и выражает эту погрешность в процентах от наибольшего показания шкалы. Погрешность может быть положительной или отрицательной, т. е. прибор может давать как преувеличенные, так и преуменьшенные значения.

	Прецизионные (особо точные) приборы	Технические приборы
Класс точности	0,1; 0,2; 0,5;	1; 1,5; 2,5; 4
Допустимая погрешность в % от всей шкалы	±0,1; ±0,2; ±0,5	±1; ±1,5; ±2,5; ±4

Например, вольтметр класса 1,5 со шкалой на 300 *в* может давать в любом месте рабочей части шкалы погрешность до ± 1,5% от 300 *в*, т. е. до ± 4,5 *в*. Погрешность вольтметра класса 0,2 с такой же шкалой не должна превышать ± 0,2% от 300 *в*, т. е. ± 0,6 *в*

Приборы с погрешностью более 4% считаются внеклассными.

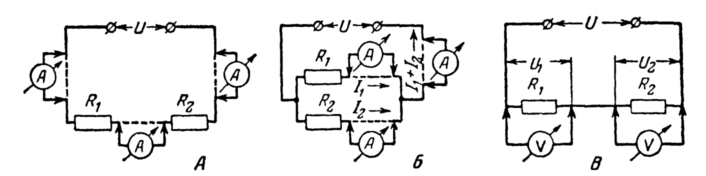
9-4. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

Принципы измерения токов и напряжений одинаковы для постоянного тока и для переменного тока любой частоты. Однако при измерениях на звуковой и высокой частоте необходимо принимать меры для устранения ошибок, вносимых собственной емкостью измерительной цепи и ее элементов.

Измерение тока

Измерительный прибор (амперметр или миллиамперметр) включается последовательно с нагрузкой в любое место исследуемой цепи (схема *А*).

При измерении в параллельных ветвях цепи прибор включается в соответствующую ветвь (схема *Б*).



Внутреннее сопротивление прибора должно быть мало по сравнению с сопротивлением измеряемой цепи, чтобы избежать ошибки из-за недопустимого уменьшения измеряемого тока при включении прибора.

Величину тока можно определить и путем измерения падения напряжения на сопротивлении, величина которого известна (схема *В*). В этом случае неизвестный ток

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}.$$

Измерение напряжения

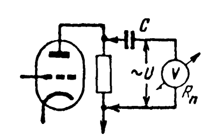
Измерительный прибор (вольтметр) включается параллельно участку цепи, на котором производится измерение (схема *В*).

Наиболее употребительные способы измерения напряжения (при помощи магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических и тепловых приборов) представляют, по существу, измерение величины тока, причем через прибор течет небольшой ток, являющийся мерой

напряжения, существующего между точками, к которым подключен прибор. Шкала прибора градуируется в вольтах. Лишь электростатические и ламповые вольтметры реагируют непосредственно на напряжение, а не на ток.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть возможно больше по сравнению с сопротивлением участка цепи, на котором производится измерение, чтобы избежать ошибки из-за уменьшения этого сопротивления при включении прибора.

При измерении переменного напряжения на участке цепи, в которой содержится постоянная составляющая напряжения, вольтметр переменного тока присоединяется к нужным точкам цепи через конденсатор. Реактивное сопротивление конденсатора



$$X_{C\,(ом)} = \frac{10^6}{2\pi f_{(гц)} C_{(мкф)}}$$

должно быть значительно меньше сопротивления прибора, т. е.

$$\frac{10^6}{2\pi f C} \ll R_n,$$

где R_n — сопротивление прибора вместе с добавочным сопротивлением для данной шкалы.

Пример. $f = 1\,000$ *гц*; $R_n = 250\,000$ *ом*; $C = 0{,}1$ *мкф*. При этом

$$X_C = \frac{10^6}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1\,000 \cdot 0{,}1} \approx 1\,500 \text{ ом}.$$

$1\,500 \ll 250\,000$, т. е. условие удовлетворено.

Измерение мощности

Наиболее распространенным способом является косвенное измерение, при котором измеряются ток и напряжение, а мощность определяется расчетом:

$$P_{(вт)} = I_{(а)} U_{(в)}.$$

Если напряжение известно, то достаточно измерить только ток, а если известен ток, то измеряется только напряжение.

Если известно сопротивление нагрузки, мощность определяется по измеренному току

$$P_{(вт)} = I^2_{(а)} R_{(ом)}$$

или по измеренному напряжению

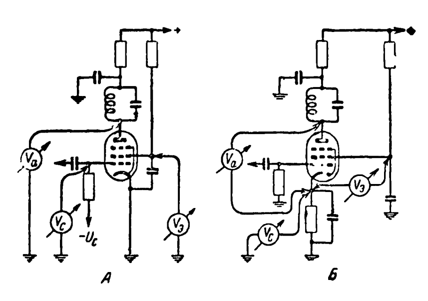
$$P_{(вт)} = \frac{U^2_{(в)}}{R_{(ом)}}.$$

Пример 1. $I = 50$ *ма*; $R = 1\,000$ *ом*. Тогда $P = 0{,}05^2 \cdot 1\,000 = 0{,}25$ *вт*.

Пример 2. $U = 100$ *в*; $R = 1\,000$ *ом*. Тогда $P = \frac{100^2}{1\,000} = 10$ *вт*.

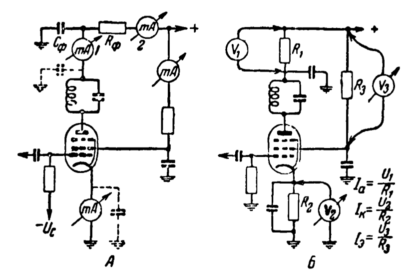
Специальные приборы с двумя рамками — ваттметры позволяют одновременно измерять напряжение и ток. Стрелка таких приборов указывает на шкале сразу величину мощности.

9-5. ИЗМЕРЕНИЕ РЕЖИМА ЛАМП



Измерение напряжения на электродах лампы.

А — при схеме с заземленным катодом; *Б* — при схеме с автоматическим смещением.



Измерение тока в цепях электродов ламп.

А — с помощью миллиамперметра (*1* — при отсутствии и *2* — при наличии развязывающего фильтра $R_{\phi} C_{\phi}$); *Б* — с помощью вольтметра.

9-6. РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

При измерении токов для расширения пределов измерений параллельно прибору включается сопротивление $R_ш$ (шунт), величина которого выбирается в зависимости от внутреннего сопротивления самого прибора $R_п$ и от нового предела измерения. За счет шунта уменьшается ток, текущий через прибор,

$$I_и = I_п \frac{R_п + R_ш}{R_ш}; \quad R_ш = R_п \frac{I_п}{I_и - I_п},$$

где $I_и$ — наибольшая величина тока, который должен быть измерен прибором с шунтом;

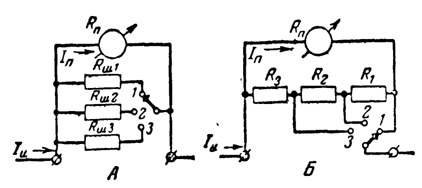
$I_п$ — ток полного отклонения стрелки прибора без шунта $I_и$ и $I_п$ — в одинаковых единицах (*а* или *ма*).

Пример. $R_п = 20$ *ом*; $I_п = 10$ *ма*; $I_и = 50$ *ма*.

$$R_ш = 20 \frac{10}{50 - 10} = 5 \text{ ом}.$$

Значения $R_{ш1}$, $R_{ш2}$ и $R_{ш3}$ в схеме *А* рассчитываются для соответствующих пределов измерения $I_{и1}$, $I_{и2}$ и $I_{и3}$ по указанной выше формуле, так же как и в предыдущем примере.

В схеме *Б* положение *1* соответствует $I_{и1}$, положение *2* — $I_{и2}$ и положение *3* — $I_{и3}$.



Схемы многопредельных миллиамперметров.

$$R_1 + R_2 + R_3 = R_{ш}; \quad R_1 = R_{ш} - \frac{I_{и1}}{I_{и2}} R_{ш};$$

$$R_2 = R_{ш} - R_1 - \frac{I_{и1}}{I_{и3}} R_{ш}; \quad R_3 = R_{ш} - R_1 - R_2.$$

Величина $R_{ш}$ выбирается так, чтобы $R_{ш} \geqslant 10R_n$.

Пример. $R_n = 100$ *ом*; $I_{и1} \approx I_n = 1$ *ма*; $I_{и2} = 5$ *ма*; $I_{и3} = 10$ *ма*. Выбираем $R_{ш} = 10 R_n = 1\,000$ *ом*, тогда

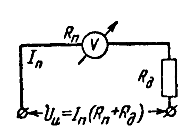
$$R_1 = 1\,000 - \frac{1}{5} \cdot 1\,000 = 800 \text{ ом};$$

$$R_2 = 1\,000 - 800 - \frac{1}{10} \cdot 1\,000 = 100 \text{ ом}.$$

$$R_3 = 1\,000 - 800 - 100 = 100 \text{ ом}.$$

При большем числе пределов измерения сопротивления шунтов рассчитываются по такому же принципу.

При измерении напряжений для расширения пределов измерений последовательно с прибором включается добавочное сопротивление $R_д$, величина которого выбирается в зависимости от внутреннего сопротивления самого прибора R_n и от нового предела измерения. За счет добавочного сопротивления уменьшается напряжение, падающее на самом приборе,



$$R_д = R_n \left(\frac{U_и}{U_0} - 1 \right),$$

где $U_и$ — наибольшая величина напряжения, которое должно быть измерено прибором с добавочным сопротивлением;

U_0 — наибольшее значение напряжения, измеряемого прибором без добавочного сопротивления.

Пример. $R_n = 1\,000$ *ом*; $U_0 = 5$ *в*; $U_и = 250$ *в*.

$$R_д = 1\,000 \left(\frac{250}{5} - 1 \right) = 49\,000 \text{ ом}.$$

Чтобы сделать заново вольтметр со шкалой на $U_и$ *в*, величину добавочного сопротивления к прибору определяют по формуле

$$R_д = \frac{1\,000\,U_и}{I_n} - R_n,$$

где I_n — ток, *ма*, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу. Этот ток тем меньше, чем чувствительнее прибор.

Пример. $R_n = 100$ *ом*; $I_n = 1$ *ма*; $U_и = 10$ *в*

$$R_д = \frac{1\,000 \cdot 10}{1} - 100 = 9\,900 \text{ ом}$$

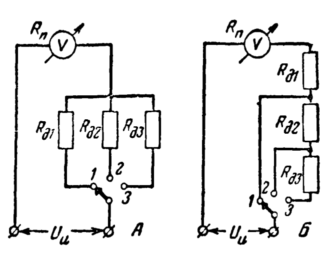
В схеме *А* добавочное сопротивление $R_{\partial 1}$ определяет предел измерения U_{u1}, $R_{\partial 2}$ — предел U_{u2} и $R_{\partial 3}$ — предел U_{u3}.

Пример. $R_n = 100$ *ом*; $I_n = 2$ *ма*; $U_{u1} = 50$ *в*; $U_{u2} = 150$ *в*; $U_{u3} = 250$ *в*.

$$R_{\partial 1} = \frac{1\,000 \cdot 50}{2} - 100 = 24\,900 \text{ ом};$$

$$R_{\partial 2} = \frac{1\,000 \cdot 150}{2} - 100 = 74\,900 \text{ ом};$$

$$R_{\partial 3} = \frac{1\,000 \cdot 250}{2} - 100 = 124\,900 \text{ ом}.$$



Схемы многопредельных вольтметров.

В схеме *Б* предел измерения U_{u1} определяется $R_{\partial 1}$, предел U_{u2} — сопротивлениями $R_{\partial 1} + R_{\partial 2}$ и предел U_{u3} — сопротивлениями $R_{\partial 1} + R_{\partial 2} + R_{\partial 3}$.

Пример. $R_n = 100$ *ом*; $I_n = 2$ *ма*; $U_{u1} = 3$ *в*; $U_{u2} = 30$ *в*; $U_{u3} = 300$ *в*.

$$R_{\partial 1} = \frac{1\,000 \cdot 3}{2} - 100 = 1\,400 \text{ ом}, \quad R_{\partial 1} + R_{\partial 2} = \frac{1\,000 \cdot 30}{2} - 100 = 14\,900 \text{ ом},$$

откуда

$$R_{\partial 2} = 14\,900 - 1\,400 = 13\,500 \text{ ом};$$

$$R_{\partial 1} + R_{\partial 2} + R_{\partial 3} = \frac{1\,000 \cdot 300}{2} - 100 = 149\,900 \text{ ом},$$

откуда

$$R_{\partial 3} = 149\,900 - 13\,500 - 1\,400 = 135\,000 \text{ ом}.$$

Внутреннее сопротивление вольтметра включает величину сопротивления катушек прибора и величину добавочного сопротивления, расширяющего предел измерения для данной шкалы. На разных шкалах внутреннее сопротивление одного и того же многопредельного вольтметра различно в зависимости от величины добавочного сопротивления. Поэтому вольтметр оценивается по *величине внутреннего сопротивления, приходящегося на один вольт шкалы* ($R'_{вн}$), которое остается одинаковым для всех шкал данного прибора.

Величина внутреннего сопротивления на 1 *в* шкалы определяется по формуле

$$R'_{вн} = \frac{1\,000}{I_n},$$

где I_n — ток в *ма*, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу.

Пример. $I_n = 0{,}5$ *ма*,

тогда

$$R'_{вн} = \frac{1\,000}{0{,}5} = 2\,000 \text{ ом/в}.$$

Внутреннее сопротивление вольтметра $R_{вн}$ со шкалой $U_{и}$ будет:

$$R_{вн} = R'_{вн} U_{и}.$$

Пример. $U_{и} = 250$ *в*; $R'_{вн} = 2\,000$ *ом/в*.

$$R_{вн} = 2\,000 \cdot 250 = 500\,000 \text{ ом}$$

Добавочные сопротивления и шунты можно составлять путем комбинаций из последовательно и параллельно соединяемых непроволочных сопротивлений. Мощность, рассеиваемая на сопротивлениях, не должна превышать 20% от номинальной величины, указанной на сопротивлении.

Градуировка приборов после переделки должна производиться по приборам класса, высшего хотя бы на одну ступень.

9-7. ЛАМПОВЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

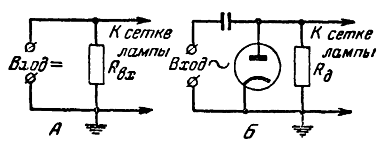
Принцип действия. Величина измеряемого напряжения (постоянного или переменного), подводимого к управляющей сетке лампы вольтметра, определяется косвенным путем — по изменению анодного тока лампы, которое происходит под действием этого напряжения. В распространенных схемах ламповых вольтметров переменное напряжение предварительно выпрямляется при помощи диода и затем выпрямленное напряжение подается на сетку лампы вольтметра.

Свойства. *При измерении постоянных напряжений* прибор имеет высокое входное сопротивление (порядка 10 *мгом* и более), которое не зависит от предела измерения.

При измерении переменных напряжений прибор отличается высоким входным сопротивлением вплоть до очень высоких частот (100 *мггц* и даже выше) и независимостью искажений от частоты.

Основные погрешности измерений вызываются непостоянством питающих напряжений и разницей в параметрах ламп вольтметра при смене последних, для переменных напряжений, кроме того, отклонением формы измеряемого напряжения от чисто синусоидальной, при которой производится градуировка, и на высоких частотах — шунтирующим действием входной емкости.

Входное сопротивление $R_{вх}$ при измерениях на постоянном токе равно сопротивлению между входными зажимами вольтметра (схема *А*). Обычно на входе имеется делитель напряжения с общим сопротивлением ≥10 *мгом*.



На переменном токе при не очень высоких частотах входное сопротивление $R_{вх}$ приблизительно равно $\frac{1}{3} R_д$, где $R_д$ — сопротивление нагрузки диода (схема *Б*)

Измерение входного сопротивления

На вход вольтметра подается переменное напряжение нужной частоты и отмечается показание вольтметра (U_1). Затем, не изменяя величины напряжения, последовательно с вольтметром включается

сопротивление R (непроволочное) и отмечается новое показание вольтметра U_2, тогда

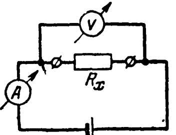
$$R_{вх} = \frac{U_2 R}{U_1 - U_2}.$$

9-8. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Метод вольтметра-амперметра

Пределы измерения определяются чувствительностью приборов. Для получения достаточной точности необходимо, чтобы внутреннее сопротивление вольтметра было много больше измеряемого сопротивления R_x.

Значение R_x определяется расчетом по показаниям приборов:



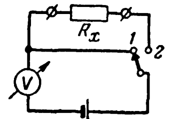
$$R_{x\,(ом)} = \frac{U_{(в)}}{I_{(а)}}.$$

Метод вольтметра

Для измерения необходимо знать величину внутреннего сопротивления вольтметра $R_{вн}$. Наибольшая величина измеряемого сопротивления $R_x \leqslant 10 \div 15\, R_{вн}$.

Производится два отсчета: U_0 — при переключателе в положении *1* и U_x — при переключателе в положении *2*.

Значение R_x определяется расчетом:



$$R_x = R_{вн}\,\frac{U_0 - U_x}{U_x}.$$

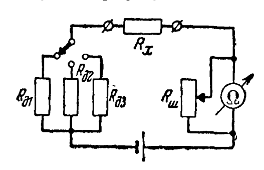
Омметр по схеме последовательного включения

Пределы измерения — от 1 до 10^5 *ом*.

$R_{д1}$, $R_{д2}$ и $R_{д3}$ — добавочные сопротивления для разных пределов измерения. $R_ш$ — сопротивление для установки нуля.

Значение R_x отсчитывается непосредственно по шкале, градуированной в омах. Шкала неравномерная, сжатая в сторону бо́льших значений R_x. Нуль шкалы справа, при токе полного отклонения стрелки прибора.

Градуировку шкалы можно произвести, пользуясь формулой



$$R_x = R_0\,\frac{I_0 - I_x}{I_x},$$

где $R_0 = R_д + \dfrac{R_п R_ш}{R_п + R_ш}$;

I_0 — ток при замкнутых накоротко зажимах для R_x;

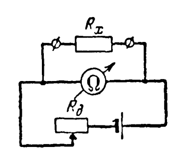
I_x — ток при включенном сопротивлении R_x.

Омметр по схеме параллельного включения

Пределы измерения — от 0,01 до 10 *ом*.

$R_д$ — сопротивление для установки стрелки прибора на полное отклонение при невключенном R_x ($R_x = \infty$). Для получения достаточной точности необходимо, чтобы $R_д \geqslant 25 R_n$.

Значение R_x отсчитывается непосредственно по шкале, градуированной в омах. Шкала неравномерная, сжатая в сторону бо́льших значений R_x. Нуль шкалы слева, при нулевом токе.



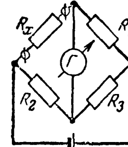
Градуировку шкалы можно произвести, пользуясь формулой

$$R_x = R_n \frac{I_x}{I_0 - I_x},$$

где I_0 — ток полного отклонения стрелки прибора.

Мост

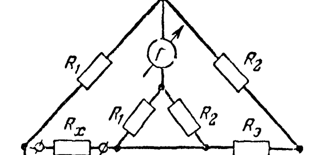
Пределы измерений определяются величиной сопротивлений R_1, R_2, R_3 и чувствительностью гальванометра *Г*.



Значение R_x определяется по формуле

$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3},$$

где R_1, R_2 и R_3 — сопротивления, при которых получается баланс моста (показание гальванометра равно нулю).



Двойной мост

Используется для измерения малых сопротивлений (менее 1 *ом*).

Значение R_x определяется при балансе моста по формуле

$$R_x = R_э \frac{R_1}{R_2}.$$

9-9. ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТЕЙ

Метод вольтметра-амперметра

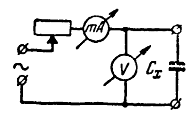
При частоте тока 50 *гц* применяется для измерения больших емкостей ($C_x \gg 1$ *мкф*).

Пределы измерения могут быть расширены путем повышения частоты тока и чувствительности миллиамперметра. Например, при частоте 1 000 *гц*, напряжении 100 *в* и конденсаторе емкостью в 1 500 *пф* в цепи пройдет ток около 1 *ма*.

Вольтметр *V* должен обладать большим внутренним сопротивлением.

Значение C_x определяется расчетом по показаниям приборов:

$$C_{x\,мкф} = \frac{160 I_{(ма)}}{f_{(гц)} U_{(в)}}.$$

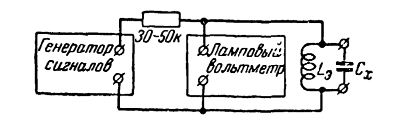


Резонансный метод

Применяется для измерения малых емкостей (от нескольких пикофарад до нескольких тысяч пикофарад).

Контур, слабо связанный с источником тока высокой частоты, состоит из измеряемой емкости C_x и эталонной индуктивности $L_э$. Частоту генератора сигналов изменяют, настраивая его в резонанс с контуром. Момент резонанса определяется по максимальному показанию лампового вольтметра.

$$C_{x(пф)} = \frac{2,53\ 10^{10}}{f^2_{(кгц)} L_{э\,(мкгн)}}.$$



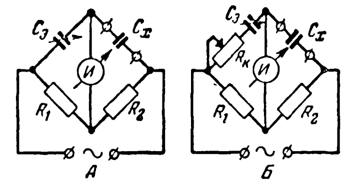
Метод моста

Измерение производится при питании схемы от источника переменного тока с частотой 800 — 1 000 *гц*.

Для конденсаторов с хорошим диэлектриком (с малыми потерями) применяется схема *А*, а для конденсаторов с большими потерями — схема *Б*. $R_к$ — сопротивление, компенсирующее сдвиг фаз при балансе моста.

Момент баланса отмечается по минимуму показаний индикатора *И* (миллиамперметра переменного тока, лампового прибора или телефона).

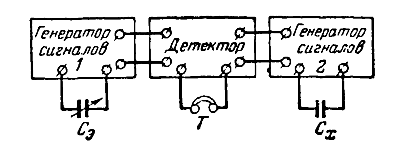
$$C_x = C_э \frac{R_1}{R_2}.$$



Метод биений

Применяется для измерения малых емкостей (от единиц до тысяч пикофарад).

Принцип измерения заключается в прослушивании биений, получающихся между колебаниями двух одинаковых высокочастотных генераторов, из которых в одном контур настраивается эталонной емкостью (градуированным конденсатором $C_э$), а в другом — измеряемой емкостью C_x. Поскольку индуктивности обоих контуров одинаковы — нулевые биения получаются в момент, когда эталонная емкость равна измеряемой



9.10. ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТЕЙ

Метод вольтметра-амперметра

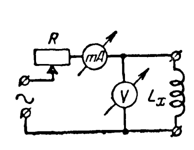
Применяется при измерении больших индуктивностей (обмотки дросселей и трансформаторов со стальными сердечниками) на технической и низкой частоте.

Ток с частотой 50 *гц* (или 400 — 1 000 *гц*), регулируемый сопротивлением R, измеряется миллиамперметром переменного тока mA. Одновременно вольтметром V измеряется падение напряжения на испытуемой катушке L_x.

Вольтметр V должен обладать большим внутренним сопротивлением. Лучше всего применять для этой цели ламповый вольтметр.

Если активное сопротивление катушки (r) много меньше реактивного $X_L = 6{,}28\, f$, т. е. $r \ll X_L$, то

$$L_{x\,(гн)} = \frac{U_{(в)}}{6{,}28\, f_{(гц)}\, I_{(а)}}.$$



Если же величина r соизмерима с X_L, то

$$L_{x\,(гн)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_{(в)}}{I_{(а)}}\right)^2 - r^2_{(ом)}}}{6{,}28\, f_{(гц)}}.$$

Резонансный метод

Применяется при измерении индуктивности высокочастотных катушек. Контур, состоящий из измеряемой индуктивности L_x и известной (эталонной) емкости $C_э$, слабо связывается с генератором сигналов (индуктивно или, как показано, через сопротивление R), который настраивается в резонанс с контуром. Момент резонанса определяется по максимальному показанию лампового вольтметра

$$L_{x\,(мкгн)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f^2_{(кгц)}\, C_{э\,(мкф)}} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2_{(кгц)} C_{э\,(пф)}}.$$

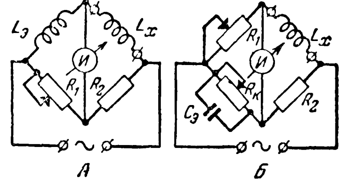
Для уменьшения погрешности измерения емкость $C_э$ должна быть много больше собственной емкости катушки C_0.

Собственная емкость катушки может быть определена двукратным измерением с разными эталонными емкостями $C_{э1}$ и $C_{э2}$

$$C_0 = \frac{f_2^2 C_{э2} - f_1^2 C_{э1}}{f_2^2 - f_1^2}.$$

Метод моста

Измерение индуктивностей методом моста подобно измерению сопротивлений и производится при питании схемы переменным током с частотой 800 — 1 000 *гц*.



В схеме *А* с эталонной индуктивностью $L_э$

$$L_x = L_э \frac{R_2}{R_1}.$$

В схеме *Б* с эталонной емкостью $C_э$

$$L_{x\,(мкгн)} = C_{э\,(мкф)}\, R_{1\,(ом)}\, R_{2\,(ом)}.$$

Момент баланса отмечается по минимуму показаний индикатора *И* (миллиамперметра переменного тока, лампового прибора или телефона).

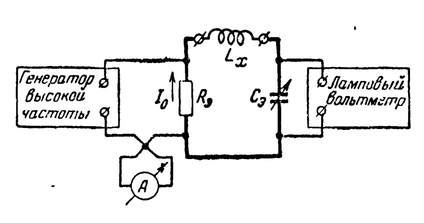
Сопротивление $R_к$ в схеме *Б* вводится для компенсации сдвига фаз при измерении катушек с большим активным сопротивлением.

9-11. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КУМЕТРА

Основное назначение куметра — измерение на высокой частоте добротности Q элементов колебательного контура — катушек и конденсаторов. Измерение основано на том, что напряжение на контуре при резонансе в Q раз превосходит величину напряжения U_0, введенного в контур, т. е.

$$U_L = U_C = QU_0.$$

Измерение добротности катушки Q_L. Напряжение высокой частоты подается на эталонное сопротивление $R_э$ (порядка 0,04 — 0,05 *ом*) и вводится в контур, состоящий из эталонного конденсатора $C_э$ и испытуемой катушки L_x. Потери в конденсаторе $C_э$ очень малы и поэтому можно считать, что величина Q контура $C_эL_x$ определяется только добротностью катушки L_x.



Если ток I_0 через $R_э$ поддерживается постоянным, то напряжение, измеренное ламповым вольтметром, будет прямо пропорционально Q. Поэтому гальванометр лампового вольтметра градуируется непосредственно в значениях Q.

Измерение добротности конденсатора Q_C. Принцип измерения тот же. Вместо L_x включается эталонная индуктивность. При помощи $C_э$ контур настраивается на нужную частоту; при **этом**

отмечаются значения $C_{э1}$ и Q_1. Затем параллельно $C_э$ подключается C_x и емкость $C_{э1}$ уменьшают до получения резонанса; при этом отмечаются значения $C_{э2}$ и Q_2.

Добротность конденсатора C_x определяется по формуле

$$Q_C = \frac{Q_1 Q_2 (C_{э1} - C_{э2})}{(Q_1 - Q_2) C_{э1}}.$$

Измерение индуктивности L. Контур из L_x и $C_э$ настраивается в резонанс на какую-либо частоту f. При этом

$$L_{x\,(мкгн)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2_{(кгц)} C_{(пф)}}.$$

Куметр типа КВ-1 имеет шкалу, градуированную в значениях индуктивности, позволяющую определять величину L_x без пересчетов (при определенных частотах генератора).

Для уменьшения влияния собственной емкости катушки желательно выбирать возможно большую величину $C_э$.

Измерение емкости C_x сходно с измерением добротности конденсатора с той лишь разницей, что нет необходимости отмечать значение Q.

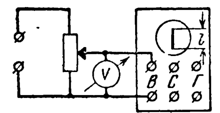
Емкость конденсатора C_x определяется из выражения

$$C_x = C_{э1} - C_{э2}.$$

9-12. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Определение чувствительности осциллографа

На вход вертикального отклонения B подается синусоидальное напряжение (например, от электросети), измеряемое вольтметром V. Напряжение развертки выключается. Измеряется длина l вертикальной линии, которая будет пропорциональна двойной амплитуде измеряемого напряжения. Таким образом,



$$a = \frac{l}{2{,}82\,U},$$

где a — чувствительность по вертикали, *мм/в*;
l — длина вертикальной линии, *мм*;
U — измеряемое напряжение (действующее значение).

Если напряжение подается на вход усилителя, то величина a подсчитывается для определенных положений ручки регулировки чувствительности.

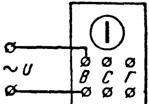
Чувствительность по горизонтали измеряется так же, но при подаче напряжения на вход горизонтального отклонения $Г$.

Измерение переменного напряжения

Измеряемое синусоидальное напряжение подается на вход вертикального отклонения. Напряжение развертки выключается. Действующее значение напряжения

$$U = al,$$

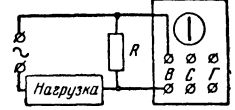
где a — чувствительность по вертикали, *мм/в*.
l — длина вертикальной линии, *мм*.



Измерение переменного тока

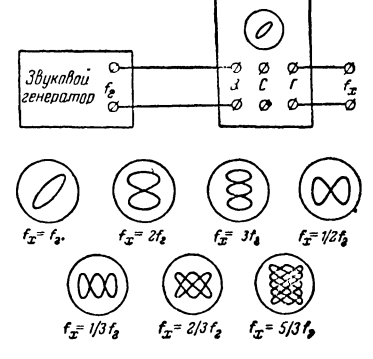
В измеряемую цепь последовательно включается сопротивление R величина которого известна, и осциллографом измеряется падение напряжения U на этом сопротивлении. Тогда измеряемый ток

$$I_{(a)} = \frac{U_{(в)}}{R_{(ом)}}.$$



Определение частоты напряжения и сравнение двух частот

Напряжение развертки выключается. На вход (или усилитель) горизонтального отклонения $Г$ подается напряжение неизвестной частоты f_x, а на вход вертикального отклонения $В$ — напряжение известной частоты $f_г$ (например, от звукового генератора). Частоту генератора изменяют до получения на экране осциллографа одной из фигур Лиссажу. Неизвестная частота определяется по форме фигуры Лиссажу.



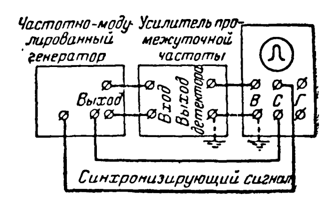
Общее правило: если напряжение измеряемой частоты подано на вход горизонтального отклонения, а напряжение известной частоты на вход вертикального отклонения, то

$$f_x = \frac{n}{m} f_г,$$

где n — число точек касания фигуры с вертикальной линией;
m — число точек касания фигуры с горизонтальной линией.

Наблюдение резонансных характеристик усилителя промежуточной частоты

На вход усилителя промежуточной частоты подается напряжение от частотно-модулированного генератора. Вход усилителя вертикаль-



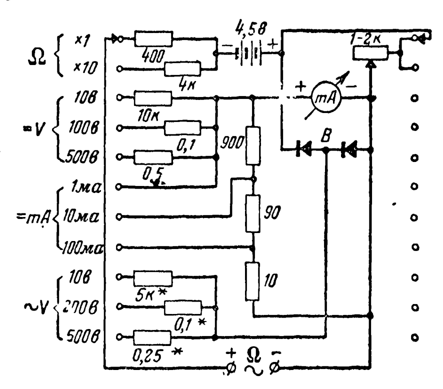
ного отклонения *B* осциллографа присоединяется к сопротивлению нагрузки детектора приемника. Синхронизирующее напряжение подается от генератора на зажимы *C* внешней синхронизации осциллографа.

9-13. СХЕМЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Авометр

Авометр (ампервольтомметр) — универсальный прибор для измерения тока, напряжения и сопротивления.

В данной схеме используется миллиамперметр магнитоэлектрической системы на 1 *ма*. Вольтметр с таким прибором обладает внутренним сопротивлением 1 000 *ом/в*.



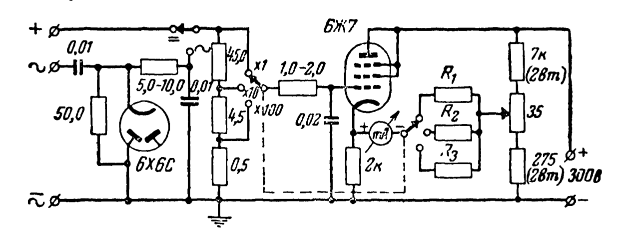
Для омметра предусмотрено две шкалы: до 10 *ком* и до 100 *ком*. Пределы измерений для остальных шкал указаны на схеме.

Значения сопротивлений, отмеченных звездочкой, указаны ориентировочно и должны быть подобраны точнее при градуировке прибора (их величина зависит от данных купроксного выпрямителя). Выпрямитель *B* должен быть включен так, чтобы он не пропускал тока при полярности, указанной на схеме.

Простой ламповый вольтметр для измерения постоянного и переменного напряжения

Вольтметр рассчитан на три шкалы: 3, 30 и 300 *в*.

В схеме используется миллиамперметр *mA* магнитоэлектрического типа с полным отклонением стрелки при токе 3—8 *ма*

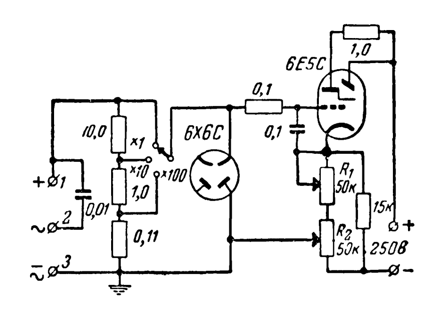


Сопротивления R_1, R_2 и R_3 — проволочные. Величины их зависят от данных прибора и подбираются при налаживании вольтметра так, чтобы стрелка давала полное отклонение при заданной величине измеряемого напряжения.

Для делителя напряжения можно вместо указанных на схеме значений сопротивлений в 45, 4,5 и 0,5 *мгом* взять соответственно 10, 1 и 0,11 *мгом*. Входное сопротивление при этом понизится, но останется достаточным для большинства измерений.

Ламповый вольтметр с электронно-лучевым индикатором

До измерения ручку сопротивления R_2 ставят в крайнее (верхнее по схеме) положение (смещение с R_2 не подается), зажимы *1* и *3* замыкают накоротко и ручку сопротивления R_1 устанавливают в такое положение, при котором тень на экране лампы 6Е5С имеет вид тонкой линии. Затем зажимы *1* и *3* размыкаются.

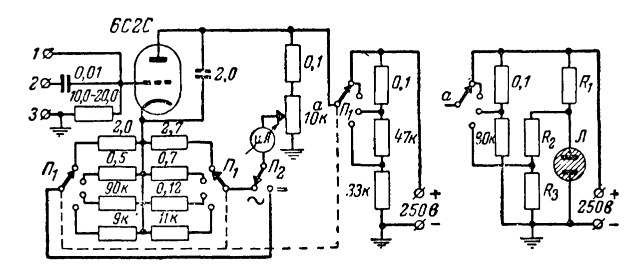


Измеряемое напряжение подается на вход вольтметра (постоянное на зажимы *1* и *3*, а переменное на зажимы *2* и *3*), и ручку сопротивления R_2 вращают до получения на экране лампы тонкой теневой линии. Ручка R_2 снабжается шкалой, градуированной в вольтах.

Ламповый вольтметр по схеме катодного детектора

Вольтметр рассчитан на четыре шкалы: 4, 20, 100 и 400 *в*.

Переход на измерение постоянного или переменного напряжения осуществляется при помощи переключателя $П_2$. Измеряемое постоянное или переменное напряжение подводится к зажимам *1* и *3*. При измерении переменного напряжения в цепи, содержащей постоянную составляющую, используются зажимы *2* и *3*.



В схеме применен микроамперметр на 200 *мка*.

Справа приведена схема питания со стабилизацией напряжения на наиболее чувствительной шкале. Величины R_1, R_2 и R_3 подбираются в зависимости от неоновой лампы *Л* так, чтобы с R_3 снималось напряжение 35—40 *в*.

Лампу 6С2С можно заменить лампой 6Ж7, включенной триодом.

Примечания:

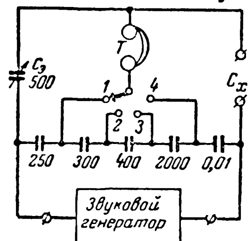
1. Питание ламповых вольтметров производится от выпрямителей по любой схеме.

2. Шкалы вольтметров градуируются по эталонным приборам на постоянном и на переменном токе.

3. Значения некоторых сопротивлений должны быть более точно подобраны в процессе налаживания вольтметра и подгонки шкал.

Мост для измерения емкостей

Диапазоны измерения: *1* — до 300 *пф*, *2* — до 1 000 *пф*, *3* — до 7 500 *пф* и *4* — до 50 000 *пф*. Минимальная емкость, которую можно измерить мостом, — около 30 *пф*.



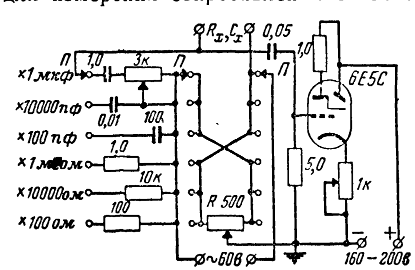
Эталонный конденсатор $C_э$ (с воздушным диэлектриком) желательно применить прямоемкостного типа, так как в этом случае градуировочные графики получаются линейными.

Питание моста производится от звукового генератора (возможно использование зуммерного генератора). Напряжение, подводимое к мосту, должно быть порядка 35—40 *в*.

Градуировка моста производится при помощи набора образцовых конденсаторов, емкость которых точно известна. Эти конденсаторы включаются поочередно вместо C_x.

Мост с электронно-лучевым индикатором

Предназначен для измерения емкостей от 10 *пф* до 10 *мкф*, а также для измерения сопротивлений от 10 *ом* до 10 *мгом*.



Равновесие моста получается при таком положении строенного переключателя и ручки переменного сопротивления *R*, когда теневой сектор лампы 6Е5С имеет наибольшую ширину. Измеряемая величина отсчитывается по шкале сопротивления *R*, которая градуируется по магазину сопротивлений, включаемому для этого вместо R_x. Начало шкалы должно иметь отметку 0,1, а конец — 10. Показания шкалы умножаются на показатель предела измерений.

Величина сопротивления в катоде лампы подбирается при регулировке прибора так, чтобы теневой сектор имел в момент равновесия моста угол около 30°.

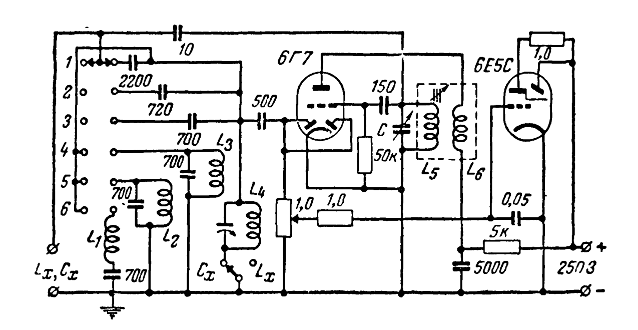
Прибор для измерения индуктивностей и емкостей

Прибор позволяет измерять индуктивности до 3 *мгн* и емкости до 0,1 *мкф*.

Колебания с частотой от 1 500 до 6 000 *кгц*, генерируемые триодной частью лампы 6Г7, подаются на контур, в который входит измеряемая емкость C_x или индуктивность L_x. Резонанс отмечается по уменьшению затененного сектора лампы 6Е5С.

Шкала конденсатора переменной емкости *C* (20 ÷ 700 *пф*) градуируется непосредственно в значениях *L* и *C* по эталонам, включаемым для этой цели вместо L_x и C_x.

Измерение емкостей производится при положениях *1* (до 1 000 *пф*), *2* (до 10 000 *пф*) и *3* (до 0,1 *мкф*) переключателя пределов измерения,

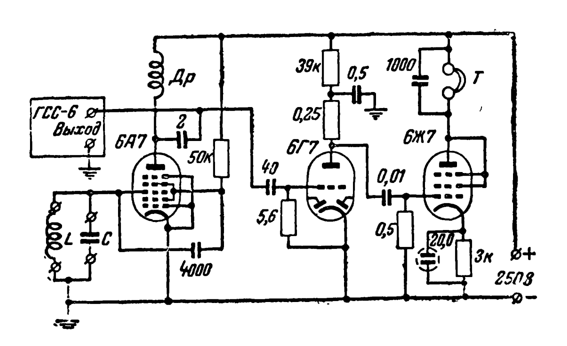


а измерение индуктивностей при положениях *4* (от 10 *мкгн* до 3 *мгн*), *5* (от 1 *мкгн* до 300 *мкгн*) и *6* (менее 1 *мкгн*).

Катушки прибора намотаны проводом ПЭШО 0,15 (обмотка — «универсаль»). L_1 — 80, L_2 — 150, L_3 — 230, L_4 — 110, L_5 — 110 и L_6 — 30 витков.

Приставка к ГСС-6 для резонансных измерений *L* и *C*

Приставка позволяет определять величину *L* при наличии эталонной емкости *C* и величину *C* при наличии эталонной индуктивности *L*.



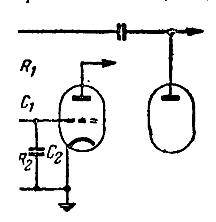
Измерение производится по методу нулевых биений между колебаниями ГСС-6 и колебаниями транзитронного генератора-приставки, в контур которого входит измеряемая *L* или *C*. Биения детектируются лампой 6Г7, усиливаются лампой 6Ж7 и прослушиваются при помощи телефона.

Дроссель *Др* состоит из 1 600 витков провода ПЭ 0,08.

Звуковой генератор

Звуковые генераторы изготовляются либо по схемам, работающим э принципу биений между двумя высокочастотными генераторами, ибо по схемам на R и C.

Наибольшее распространение получили генераторы на R и C, отличающиеся простотой схемы и устойчивостью в эксплуатации. Частота энерируемых колебаний определяется в таких генераторах значениями опротивлений и емкостей, входящих в цепь сетки лампы и в цепь братной связи, подаваемой с анода лампы следующего каскада.



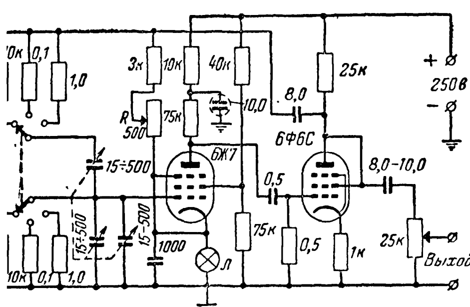
В общем виде

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}.$$

Если R и C в обеих цепях одинаковы, то

$$f = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Если R одинаковы, а C различны, то



$$f = \frac{1}{2\pi R \sqrt{C_1 C_2}}.$$

Диапазоны частот данной схемы 25 ÷ 250, 250 ÷ 2 500 и 2 500 ÷ 25 000 *гц*. Плавная настройка осуществляется строенным агрегатом конденсаторов переменной емкости, у которого две секции соединены параллельно.

Осветительная лампочка *Л* (220 *в*, 15—25 *вт*) в цепи катода лампы К7 включена для стабилизации амплитуды генерируемых колебаний.

Переменное сопротивление R служит для подбора величины отрицательной обратной связи.

Сигнал-генератор с питанием от батарей

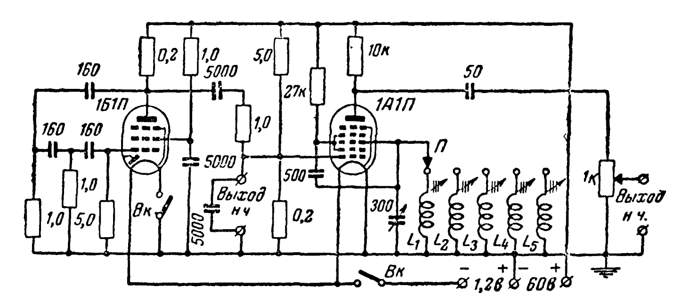
Сигнал-генераторы позволяют получить на выходе напряжение юдулированное или немодулированное) высокой частоты. От генераторов стандартных сигналов (ГСС) они отличаются тем, что выходое напряжение и глубина модуляции их не могут быть точно измерены.

Диапазон частот от 100 *кгц* до 16 *мггц* разбит на 5 поддиапазонов: 100 ÷ 250 *кгц*; 250 ÷ 700 *кгц*; 700 ÷ 2 000 *кгц*; 2 ÷ 5,5 *мггц*; 5,5 ÷ і *мггц*.

Выходное напряжение до 0,3 *в*.

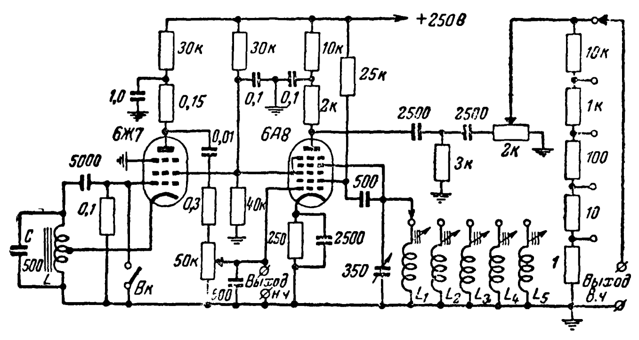
Лампа 1Б1П — звуковой генератор на R и C с фиксированной частотой около 400 *гц*, служит модулятором. Лампа 1А1П — генератор ысокой частоты по транзитронной схеме.

Катушки намотаны на каркасах диаметром 10 *мм* L_1, L_2, L_3 и L_4— многослойные, с намоткой «универсаль» (можно заменить намоткой внавал), а L_5 — однослойная. L_1 состоит из 850 витков провода ПЭШО 0,12, L_2 — 275 витков ПЭШО 0,2, L_3 — 112 витков ЛЭШО 10 × × 0,07, L_4 — 42 витка ЛЭШО 10 × 0,07 и L_5 — 11 витков ПЭШО 0,5.



Сигнал-генератор с питанием от сети переменного тока

Диапазон частот и данные катушек те же, что и в предыдущей схеме. Число витков должно быть уточнено при регулировке генератора.



Лампа 6А8 — генератор высокой частоты по транзитронной схеме. Лампа 6Ж7 — генератор звуковой частоты по трехточечной схеме.

L содержит 1 500—2 500 витков провода на сердечнике сечением около 1 *см*². Отвод сделан от 1 000—1 500 витков.

9-14. РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Ампервольтомметр АВО-5

Позволяет производить измерения постоянного и переменного напряжения до 6 000 *в* (шкалы 0—3; 0—12; 0—30; 0—300; 0—600; 0—1 200 и 0—6 000 *в*), постоянного и переменного тока до 12 *а* (семь шкал для постоянного и пять шкал для переменного тока) и сопротивлений до 30 *мгом* (три шкалы).

При работе в качестве вольтметра постоянного тока прибор обладает внутренним сопротивлением 20 000 *ом* на 1 *в* шкалы.

Ампервольтомметр ТТ-1

Позволяет производить измерения постоянного и переменного напряжения (шкалы 0—10, 0—50, 0—200 и 0—1 000 *в*), постоянного тока (шкалы 0—0,2; 0—1; 0—5; 0—20; 0—100 и 0—500 *ма*) и сопротивлений от 1 *ом* до 2 *мгом*.

При работе в качестве вольтметра постоянного тока прибор обладает внутренним сопротивлением 5 000 *ом* на 1 *в* шкалы.

Измеритель выхода ИВ-4

Предназначен для измерения переменного напряжения звуковых частот в пределах от 0,5 до 300 *в*.

Прибор представляет собой вольтметр детекторного типа с переключением на шесть шкал и отличается тем, что независимо от выбранной шкалы его входное сопротивление сохраняется одинаковым и равным 20 000 *ом*.

Ламповый вольтметр ВКС-7Б

Предназначен для измерения переменных напряжений с частотой от 50 *гц* до 100 *мггц* в пределах от 0,1 до 150 *в* (шкалы 0—1,5; 0—15; 0—50 и 0—150 *в*). Градуировка выполнена в действующих значениях напряжения.

Питание вольтметра производится от сети переменного тока. Наличие феррорезонансного стабилизатора позволяет включать прибор в сеть с напряжением от 100 до 240 *в* без каких бы то ни было переключений.

Генератор стандартных сигналов ГСС-6

Позволяет получать на выходе модулированное или немодулированное напряжение высокой частоты от 100 *кгц* до 25 *мггц* (имеет восемь частичных диапазонов). Частота источника внутренней модуляции равна 400 *гц*. Предусмотрена возможность модуляции от внешнего источника с частотой от 50 до 8 000 *гц*.

Глубина модуляции регулируется в пределах от 0 до 100%, а выходное напряжение от 0,1 *мкв* до 1 *в*

Питание генератора — от сети переменного тока.

Генератор сигналов СГ-1

Служит источником модулированного или немодулированного напряжения высокой и ультравысокой частоты от 13 до 330 *мггц* (имеет пять частичных диапазонов). Выходное напряжение может регулироваться в пределах от 4 *мкв* до 20 *мв*. Частота источника внутренней модуляции равна 1 000 *гц*. Внешняя модуляция возможна с частотой от 100 до 20 000 *гц*. Предусмотрена также возможность импульсной модуляции от внешнего источника. Питание осуществляется от сети переменного тока.

Звуковой генератор ГЗ-1

Является источником напряжения звуковой частоты с пределами от 18 до 18 000 *гц* (диапазоны 18 ÷ 180; 180 ÷ 1 800 и 1 800 ÷ 18 000 *гц*). Работает по схеме на *RC*. Выходное напряжение регулируется при помощи потенциометра, но прибора для измерения этого напряжения у генератора нет. Выходная мощность равна 1 *вт*.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

Звуковой генератор ЗГ-2А

Служит источником напряжения звуковой частоты с пределами от 20 до 20 000 *гц*. Работает по схеме на биениях, и весь диапазон перекрывается поворотом ручки одного конденсатора переменной емкости. Выходное напряжение плавно регулируется при помощи аттенюатора и измеряется ламповым вольтметром. Максимальная величина выходного напряжения 150 *в*, максимальная выходная мощность 2 *вт*.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

Измеритель частоты ИЧ-5

Предназначен для измерения частоты электрических колебаний от 30 до 100 000 *гц*. Весь диапазон разбит на 10 поддиапазонов. Измеряемая частота отсчитывается непосредственно по шкале стрелочного прибора.

Питание производится от сети переменного тока.

Волномер типа 526

Предназначен для точного измерения частоты электрических колебаний в диапазоне частот от 125 *кгц* до 20 *мггц*. Определение измеряемой частоты производится при помощи специальных градуировочных таблиц.

Питание осуществляется от сухих анодных батарей и аккумулятора накала, заключенных внутри корпуса прибора. Несколько видоизмененные модели типа 527 и 528 рассчитаны на питание от сети переменного тока.

Измеритель добротности (куметр) типа КВ-1

Предназначен для измерения параметров высокочастотных контуров (добротности катушек и конденсаторов, индуктивности катушек, емкости конденсаторов и др.) в диапазоне частот от 50 *кгц* до 40 *мггц*.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока.

Измеритель добротности (куметр) типа УК-1

Предназначен для измерения параметров высокочастотных контуров (так же как и куметр КВ-1) в диапазоне частот от 30 до 200 *мггц*.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока.

Электронно-лучевой осциллограф типа ЭО-4

Позволяет наблюдать на экране электронно-лучевой трубки форму и характер электрических колебаний с частотой не свыше 2 *мггц*. Диаметр экрана трубки равен 125 *мм*.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

Электронно-лучевой осциллограф типа ЭО-5

Позволяет наблюдать на экране электронно-лучевой трубки форму и характер электрических колебаний с частотой не свыше 2 *мггц*. Диаметр экрана трубки равен 75 *мм*.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

Приставка (к осциллографу) типа РК-1

Позволяет наблюдать на экране электронно-лучевой трубки осциллографа частотные характеристики (резонансные кривые) резонансных и полосовых усилителей высокой и промежуточной частоты. Максималь-

ная ширина наблюдаемой кривой порядка 40—50 *кгц* Для работы приставки, кроме осциллографа, необходим генератор высокочастотных сигналов, например типа ГСС-6.

Питание производится от сети переменного тока.

Измеритель нелинейных искажений типа ИНИ-6

Предназначен для измерения коэффициента нелинейных искажений усилителей и генераторов низкой частоты, а также радиопередающих устройств Измерение может производиться на частотах 50, 100, 400, 1 000, 5 000 и 7 000 *гц* Пределы измерения коэффициента нелинейных искажений от 0,1 до 30%. Питание осуществляется от сети переменного тока.

Испытатель ламп типа ИЛ-10

Предназначен для проверки годности приемно-усилительных и выпрямительных ламп Испытание производится в условном режиме и ваключается в проверке тока эмиссии лампы; кроме того, проверяется отсутствие короткого замыкания между электродами и отсутствие обрывов между электродами и выводными контактами.

Питание производится от аккумуляторов напряжением 26 *в* для цепей «высокого» напряжения и до 7,8 *в* для цепей накала.

Испытатель ламп типа ИЛ-12

Предназначен для проверки годности приемно-усилительных, выпрямительных и маломощных генераторных ламп, а также газонаполненных стабилизаторов. Проверка ламп производится в режимах, близких к нормальным испытательным режимам. Прибор позволяет проверить отсутствие короткого замыкания между электродами, величину анодного тока, величину крутизны характеристики, наличие плохих контактов внутри лампы, относительное качество вакуума. Для стабилизаторов проверка производится на зажигание и степень стабилизации.

Питание производится от сети переменного тока.

Универсальный лабораторный мост типа УМ-2

Предназначен для измерения индуктивностей в пределах от 10 *мкгн* до 100 *гн*, емкостей от 10 *пф* до 100 *мкф* и сопротивлений от 0,1 *ом* до 1 *мгом*. Измерение индуктивностей и емкостей производится на частоте 1 000 *гц* от внутреннего генератора.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

Измеритель емкостей типа НИЕ-1

Предназначен для измерения емкостей конденсаторов в пределах от 10 *пф* до 100 *мкф* (имеет шесть частичных диапазонов) на переменном или пульсирующем токе низкой частоты. Отсчет величины измеряемой емкости производится непосредственно по шкале стрелочного прибора.

Питание осуществляется от сети переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

Левитин Е. А, Измерения в практике радиолюбителей, «Радио», 1954, № 2, 47 с.; № 3, 57 с.; № 4, 55 с; № 7, 53 с.; № 9, 54 с

Логинов В Н, Радиоизмерения, Госэнергоиздат, 1954, 120 с.

Корндорф С. Ф., Бернштейн А. С., Ярославский М. И., Радиоизмерения, Госэнергоиздат, 1953 464 с

Гугель Л, Простой осциллограф, «Радио», 1955 № 1, 59 с.

Меерсон А. М., Омметры постоянного тока, Госэнергоиздат, 1954, 120 с.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ
ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ

10-1. ИСТОЧНИКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОМЕХ

Индустриальные помехи радиоприему создаются различными источниками, основными из которых являются следующие:

1. Высокочастотные установки, применяемые в промышленности и медицине. К ним относятся установки для высокочастотной закалки и плавки, сварочные осцилляторы, медицинские приборы диатермии и д'Арсонваля и др.

2. Электротехнические устройства, работа которых сопровождается искрообразованием. К ним относятся коллекторные генераторы и электродвигатели, трамваи, троллейбусы, коммутаторы, электрические звонки, свечи зажигания в моторах, контактные прерыватели, неплотные контакты осветительных ламп в патронах, «жучки» в предохранителях, плохие контакты в выключателях и штепсельных розетках, а также в местах скрутки («холодной пайки») проводов и др.

3. Приборы и установки, в которых происходит ионизация газа. К ним относятся неоновые и другие газонаполненные трубки, люминесцентные лампы, ртутные выпрямители и др.

Распространение помех происходит в виде электрических и магнитных полей, излучаемых либо самим источником помех, либо проводами, соединенными с ним. Электротехнические устройства, заключенные в металлические корпуса, излучают сравнительно слабые поля, распространяющиеся на небольшое расстояние. Вдоль проводов, соединенных с источником, поля помех распространяются на большие расстояния. Поэтому внутри здания основным носителем помех является электропроводка.

Меры борьбы с помехами имеют целью обезвредить источник и устранить излучение помех или помешать их распространению. Эти меры осуществляются либо у самого источника помех (что является наиболее эффективным и рациональным), либо непосредственно у радиоприемника.

10-2. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ У ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ

Средствами защиты являются:

1. Экранирование источников помех и заземление металлических корпусов.

2. Применение искрогасящих устройств.

3. Применение защитных фильтров, состоящих из высокочастотных дросселей и конденсаторов.

Высокочастотные промышленные установки и медицинская аппаратура, трамваи, троллейбусы, а также генераторы и электродвигатели должны выпускаться оборудованными необходимыми устройствами для подавления помех.

Для ослабления помех, создаваемых электроприборами, встречающимися в быту, могут быть использованы некоторые простейшие защитные устройства.

В качестве обязательного мероприятия предварительно должна производиться тщательная очистка и регулировка всех контактов, имеющихся у источника помех и могущих быть источниками искрообразования.

Защита у источников помех

Наименование источника	Схема защиты
Электрогенератор или электродвигатель с последовательным возбуждением	
Электрогенератор или электродвигатель с параллельным возбуждением	
Электрогенератор или электродвигатель с последовательным возбуждением и пусковым реостатом	
Электрогенератор или электродвигатель с параллельным возбуждением и пусковым реостатом	
Трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором	
Выключатели и переключатели: *А* — в цепях с небольшой мощностью и низким напряжением *Б* — в цепях с значительной мощностью и напряжением до 50 *в* *В* — в цепях с высоким напряжением	*А* 0,005–0,01 *Б* 0,005–0,01 20–50 *В* 0,1–10 *мгн* 0,1–10 *мгн* 0,1–2,0

Наименование источника	Схема защиты
Электрические звонки: *А* — с симметричным соединением обмоток и с питанием от батареи или аккумулятора *Б* — с несимметричным соединением обмоток и питанием от батареи *В* — с питанием от электросети	
Люминесцентные лампы	
Дуговая лампа	
Прибор с термореле	

10-3. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НЕПОСРЕДСТВЕННО У РАДИОПРИЕМНИКА

Выбор средств защиты зависит от пути проникновения помех, а именно: а) через антенну или заземление, б) путем непосредственного воздействия излучения на приемник и в) через сеть питания.

Средства защиты:

1. Удаление действующей части антенны из зоны помех и экранирование антенного ввода. При комнатной антенне — удаление ее на возможно большее расстояние (более 30 *см*) от стен с электропроводкой. Надежное заземление проводом возможно большего сечения.

2. Экранирование катушек, сеточных проводов высокочастотной части и иногда — всего приемника.

3. Установка защитных фильтров в цепи питания.

Кроме того, во всех случаях возможно применение в схеме приемника специальных элементов, ослабляющих действие помех (ограничителей помех), что, однако, сопряжено с усложнением схемы приемника.

Защита у радиоприемника

Средство защиты	Схема защиты
Сетевой фильтр Экран фильтра должен быть соединен с зажимом „Земля" приемника или с проводом заземления	К сети; 0,1-1 мгн; 0,005-0,01; 0,1-1 мгн; К приемнику
Установка фильтра *А* — неправильная установка *Б* — правильная установка	Ф; А; Б
Соединение провода заземления *А* — неправильное соединение *Б* — правильное соединение	А; Б
Экранирование снижения и вынесение действующей части антенны из зоны помех *А* — неправильное устройство *Б* и *В* — правильное устройство	А; Б; В

ЛИТЕРАТУРА

Нейман С. А., Защита радиоприема от помех, Госэнергоиздат, 1951, 80 с.

Абрамсон М., Происхождение индустриальных помех, „Радио", 1953, № 3, 52 с.

Лютов С. А. Радиопомехи от электроустройств и их подавление, Госэнергоиздат, 1952, 80 с.

Мавродиади В., Борьба с помехами радиоприему от электрических звонков, „Радио", 1954, № 2, 56 с.

Авербух С. и Фоменко Л., Дроссели и конденсаторы для защиты от индустриальных помех, „Радио", 1953, № 3, 54 с.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

11-1. ПРОВОДНИКИ

Основные свойства некоторых проводников

Материал	Удельное сопротивление (при t = 20° C), $ом \cdot мм^2/м$	Сопротивление по сравнению с медью $\frac{\rho}{\rho_{меди}}$	Температурный коэффициент сопротивления $\frac{\Delta r}{r}$ на 1° C	Удельный вес, $г/см^3$	Температура плавления, °C
Алюминий	0,026	1,5	0,004	2,7	660
Бронза фосфористая	0,115	6,6	0,004	8,8	900
Вольфрам	0,055	3,1	0,005	19,3	3 370
Золото	0,024	3,3	0,0037	19,3	1 060
Константан	0,49	28	0,000004	8,9	1 600
Латунь	0,07	4	0,002	8,5	900
Манганин	0,42	24	0,000008	8,4	1 200
Медь электротехническая	0,0175	1	0,004	8,9	1 080
Никель	0,07	4	0,006	8,8	1 450
Нихром	1,1	63	0,00015	8,2	1 400
Олово	0,11	6,3	0,0014	7,3	230
Платина	0,1	5,7	0,003	21,4	1 770
Ртуть	0,958	5,5	0,0009	13,6	— 39
Свинец	0,21	12	0,004	11,4	330
Серебро	0,016	0,92	0,0036	10,5	960
Сталь	0,1	5,7	0,006	7,8	1 520
Цинк	0,06	3,4	0,004	7,1	420

Наиболее употребительные провода

Обмоточные провода

ЛЭШО Литцендрат (высокочастотный провод) с Эмалированными жилами, в Шелковой Одинарной обмотке

ЛЭШД Литцендрат с Эмалированными жилами в Шелковой Двойной обмотке.

ПБО Провод в хлопчатоБумажной Одинарной обмотке медный

ПБОО Провод с хлопчатоБумажной Обмоткой и Оплеткой медный

ПБД Провод в хлопчатоБумажной Двойной обмотке медный

ПШО Провод в Шелковой Одинарной обмотке медный

ПШД Провод в Шелковой Двойной обмотке медный

ПШКО Провод в обмотке Шелком — Капрон Однослойной медный

ПЭВ Провод Эмалированный Винифлексной эмалью медный

ПЭЛ Провод Эмалированный, Лакостойкий медный

ПЭЛБО Провод Эмалированный Лакостойкий в хлопчатоБумажной Однослойной обмотке медный

ПЭЛБД Провод Эмалированный Лакостойкий в хлопчатоБумажной Двухслойной обмотке медный

ПЭЛШО Провод Эмалированный Лакостойкий в Шелковой Однослойной обмотке медный

ПЭЛШД Провод Эмалированный Лакостойкий в Шелковой Двухслойной обмотке медный
ПЭЛШКО Провод Эмалированный Лакостойкий в обмотке Шелком—Капрон Однослойный, медный
ПЭЛШКД Провод, Эмалированный Лакостойкий, в обмотке Шелком—Капрон Двухслойный медный.

Провода из константана и манганина имеют такую же маркировку, как и медные, с добавлением на конце соответственно буквы К или М например:

ПШОК Провод в Шелковой Однослойной обмотке Константановый

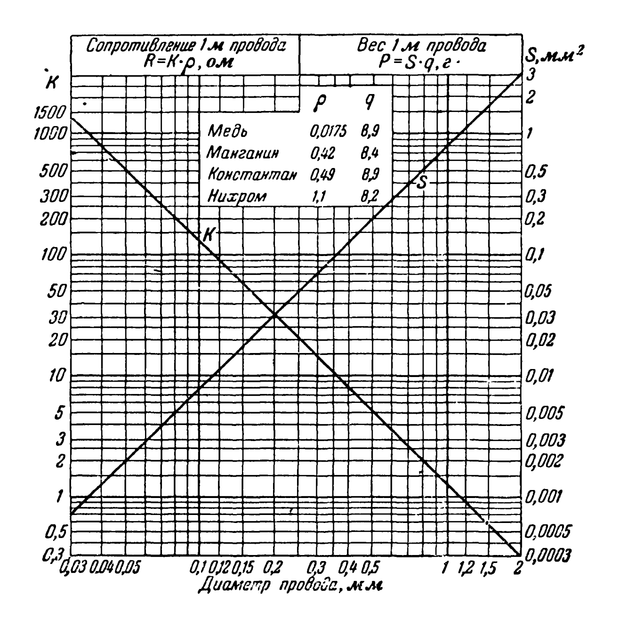
Монтажные провода

МГШ Монтажный Гибкий в Шелковой оплетке
МГШД Монтажный Гибкий в Шелковой Двухслойной обмотке
МГБЛ Монтажный Гибкий в хлопчатоБумажной Лакированной оплетке
МГБОО Монтажный Гибкий в хлопчатоБумажной Обмотке и Оплетке
МГБООЛ Монтажный Гибкий в хлопчатоБумажной Обмотке и Оплетке Лакированный
МГВ Монтажный Гибкий с Винилитовой изоляцией
МГВЛ Монтажный Гибкий с Винилитовой изоляцией в Лакированной хлопчатобумажной оплетке
МР Монтажный однопроволочный с Резиновой изоляцией
МРГ Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий
МРГЛ Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий в Лакированной хлопчатобумажной оплетке
ПМВ Провод Монтажный однопроволочный с Винилитовой изоляцией
ПМОВ Провод Монтажный в Обмотке с Винилитовой изоляцией
ПМВГ Провод Монтажный с Винилитовой изоляцией, Гибкий
ПВР Провод с Винилитовой изоляцией для Радиофикации
РМШ Репродукторный с Мишурными жилами Шнур в хлопчатобумажной оплетке
РПШ шнур с Резиновой изоляцией для Питания радиоустановок в резиновом Шланге
РПШЭ шнур с Резиновой изоляцией для Питания радиоустановок, в резиновом Шланге Экранированный
РШ Репродукторный Шнур в хлопчатобумажной оплетке цветной или лощеной пряжей
ШЭП Шнур для ЭлектроПроигрывателей.

Определение сечения, веса и сопротивления проводов из разных материалов

Сечение S провода при данном его диаметре определяется в $мм^2$ непосредственно по графику.

Сопротивление (R) 1 $м$ провода данного диаметра в омах определяется следующим образом: находят по графику коэффициент K, соот-



ветствующий диаметру провода, и умножают его на величину удельного сопротивления ρ материала провода.

Вес (P) 1 *м* голого провода в граммах определяется как произведение удельного веса q на сечение S.

Пример 1. Материал провода — медь; диаметр провода — 0,08 *мм*.

Находим.

$S = 0{,}005$; $P = 8{,}9\cdot0{,}005 = 0{,}045$ *г*;

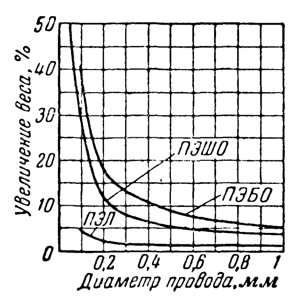
$K = 200$; $R = 200\cdot0{,}0175 = 3{,}5$ *ом*.

Пример 2. Материал провода — нихром, диаметр провода — 0,3 *мм*.

Находим:

$S = 0{,}07$; $P = 8{,}3\cdot0{,}07 = 0{,}57$ *г*;

$K = 14$; $R = 14\cdot1{,}1 = 15{,}4$ *ом*.



Относительное увеличение веса провода в изоляции.

11-2. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Магнитно-мягкие материалы

Магнитно-мягкие материалы обладают высокой магнитной проницаемостью, небольшой коэрцитивной силой и малыми потерями на гистерезис. Для изготовления сердечников катушек и трансформаторов эти материалы используются в виде тонких листов или мелкого порош-

ка с промежуточной изоляцией между листами или отдельными зернами порошка.

Листовая электротехническая сталь выпускается различных марок, обозначения которых связаны с содержанием в ней кремния; цифра, стоящая за буквой Э, указывает округленно процентное содержание кремния (например, Э2 — сталь с содержанием кремния около 2%) Буква А в конце условного обозначения указывает улучшенные, а буквы АА — особо улучшенные свойства стали в отношении потерь в ней

В радиоаппаратуре для силовых и низкочастотных трансформаторов применяется электротехническая сталь марок Э4А и Э4АА толщиной 0,5 и 0,35 *мм*.

Кремнистая холоднокатанная сталь высокой проницаемости (ХВП) выпускается в виде более тонких листов, чем электротехническая (до 0,03 *мм*) и обладает значительно лучшими магнитными свойствами.

Железоникелевые сплавы (пермаллой, гиперм) обладают весьма большим значением магнитной проницаемости в области слабых полей, но сердечники из них не допускают большого тока подмагничивания, так как при наличии сильного постоянного магнитного поля проницаемость их резко уменьшается. Проницаемость пермаллоя и гипермов значительно падает также с повышением частоты

Свойства магнитомягких материалов (для низких частот)

Наименование материала	Магнитная проницаемость μ, *гс/э*		Коэрцитивная сила $H_к$, *э*
	начальная (μ_0)	максимальная ($\mu_{макс}$)	
Технически чистое железо (Армко)	250	7 000	0,3
Электротехническая сталь марки Э4А	300	6 000	0,45
То же, марки Э4АА	400	7 500	0,4
Холоднокатанная сталь высокой проницаемости ХВП (в среднем)	500	16 000	0,2
Пермаллой (МО)	20 000	75 000	0,05
Гиперм 50	3 400	28 000	0,03—0,1
Гиперм 766	14 000	45 000	0,01—0,06

Магнитодиэлектрики или высокочастотные ферромагнетики используются для изготовления сердечников высокочастотных катушек.

Детали из магнитодиэлектриков получаются путем прессования порошкообразного ферромагнетика (карбонильного железа, альсифера или магнетита) со связующими веществами (бакелитом, полистиролом и др.).

Магнитная проницаемость магнитодиэлектрика, как материала, измеряется на замкнутом сердечнике — тороиде Действующая величина проницаемости сердечника зависит от его формы и оказывается всегда более низкой, чем проницаемость материала.

Свойства некоторых высокочастотных ферромагнетиков

Наименование	Магнитная проницаемость материала μ	Температурный коэффициент магнитной проницаемости ТКμ на 1° С
Прессованное карбонильное железо	8—11	$+2 \cdot 10^{-5}$
Прессованный альсифер радиочастотный	6—9	$-4 \cdot 10^{-5}$
Прессованный магнетит	7	$+15 \cdot 10^{-5}$
Оксифер 2Ю*	200	—
Феррит НЦ80*	80	—

* Оксифер и феррит представляют собой магнитную керамику, получаются спеканием ферромагнитного порошка при высокой температуре.

Действующие значения магнитной проницаемости выпускаемых промышленностью карбонильных сердечников разной конфигурации приведены на стр. 88—89.

Магнитнотвердые материалы

Магнитнотвердые (магнитножесткие) материалы отличаются высокой коэрцитивной силой и применяются для изготовления постоянных магнитов. Качество магнита характеризуется энергией, которую развивает единица объема (1 *см*^{3}) магнитного материала во внешнем пространстве и выражается, как максимальная величина $\frac{HB}{8\pi}$, получаемая из кривой размагничивания.

Свойства некоторых магнитнотвердых материалов

Материал магнита	Коэрцитивная сила $H_к$, *эрс*	Остаточная индукция B, *гс*	Максимальное значение $\frac{HB}{8\pi}$
Хромистая сталь ЭЕХ3А	60	9 000	11 000
Вольфрамовая сталь ЭЕВА	60	10 000	12 000
Молибденовая сталь	65	10 000	—
Кобальтовая сталь ЭЕК30	220	9 000	37 000
Сплав альни*	550	5 500	52 000
Сплав альниси*	800	4 000	56 000
Сплав альнико*	500	7 000	61 000
Сплав магнико*	550	12 500	190 000

* Обработка магнитов из этих сплавов возможна только шлифованием.

11-3. ДИЭЛЕКТРИКИ

Диэлектрическая проницаемость ε (или диэлектрическая постоянная) — величина, показывающая, во сколько раз увеличится емкость воздушного конденсатора, если пространство между

его обкладками заполнить вместо воздуха данным диэлектриком.

Диэлектрическая проницаемость всех диэлектриков — больше единицы.

Для использования в конденсаторах выгодно применять диэлектрики с большой ε, так как это позволяет получать бо́льшую емкость при тех же размерах конденсатора. Для пропитки катушек, особенно высокочастотных, следует, наоборот, применять материалы с малой ε, чтобы не увеличивать вредную собственную емкость катушки.

Основные свойства некоторых диэлектриков (средние значения)

Материал	Диэлектрическая проницаемость ε	Тангенс угла диэлектрических потерь tg δ	Теплостойкость, °C	Удельный вес, г/см³
Аминопласт	8	0,1	100	1,3
Асбест	—	—	400	2,5
Бакелит (в стадии С)	4,5	0,01	—	1,25
Береза сухая	3,5	0,02	—	0,7
Битум	3	0,01	30—175	1,1
Воск пчелиный	2,8	0,0025	65	0,97
Галовакс	5	0,008	110	1,6
Канифоль	3	0,005	85	1,08
Капрон	3,8	0,03	90	1,2
Карболит	4,5	0,09	110	1,4
Кремнийорганические материалы	3	0,0008*	200	—
Лакоткань черная	3,5	0,1	105	1,1
Лакоткань светлая	4	0,1	105	1,1
Микалекс	9	0,002	400	3
Мрамор	9	0,01	100	2,7
Озокерит	2,9	0,0004	75	0,94
Парафин	2,3	0,0005	50	0,92
Пирофиллит	6	0,007	1 000	2,5
Плексигласс	3,5	0,06	60	1,2
Полистирол	2,5	0,0002	65	1,05
Политетрафторэтилен (тефлон)	2	0,0002	До 200	2,2
Полихлорвинил	4	0,04	65	1,6
Полиэтилен (политен)	2,2	0,0003	70	0,94
Радиостеатит	7	0,0008	1 000	2,8
Радиофарфор	6,5	0,0005	1 000	2,6
Резина	4	0,03	50	1,5
Слюда	7	0,0004	500	2,8
Стекло	8	0,004*	1 000*	3*
Текстолит	4	—	120	1,4
Тиконд	100*	0,0006	1 000	4
Фарфор электротехнический	6	0,01	1 000	2,4
Фибра	5*	0,07	100	1,2
Целлулоид	3,5	0,1	50	1,7
Церезин	2,2	—	75	0,95
Шелк натуральный	4,5	0,02	100	—
Шеллак	3,5	0,01	85	1,03
Эбонит	3,5	0,01	70	1,25
Электрокартон	3,5	0,03	100	2
Эскапон	2,7	0,0005	110	1

* Колеблется в широких пределах для разных сортов.

Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости ТКε — величина, показывающая относительное изменение ε при изменении температуры на 1° С. Положительный ТКε указывает на то, что с повышением температуры величина ε возрастает, а отрицательный ТКε — на то, что с повышением температуры ε уменьшается. Вместе с изменением ε происходит и соответствующее изменение емкости конденсатора, в котором использован диэлектрик.

Диэлектрические потери — потери энергии, происходящие в диэлектрике, помещенном в переменное электрическое поле. Теряемая энергия расходуется на нагревание диэлектрика. Потери увеличиваются с повышением частоты.

Тангенс угла потерь tg δ — показатель, характеризующий величину потерь в диэлектрике. Чем меньше tg δ, тем лучше диэлектрик. У хороших диэлектриков tg δ измеряется тысячными, а у наиболее высококачественных — десятитысячными долями единицы.

Электрическая прочность характеризует способность диэлектрика выдерживать без пробоя высокое электрическое напряжение. Для большинства диэлектриков напряжение, при котором происходит пробой, выражается величиной в несколько киловольт (а для многих — даже в несколько десятков киловольт) на 1 *мм* толщины диэлектрика.

Электропроводность диэлектриков. Электроизолирующие материалы, применяемые в технике, не являются абсолютно совершенными диэлектриками, обладают некоторым, хотя и очень большим сопротивлением. Различают:

удельное объемное сопротивление, выражаемое в *ом/см* и характеризующее способность диэлектрика проводить постоянный ток сквозь всю свою толщу, сквозь весь объем, занимаемый диэлектриком;

удельное поверхностное сопротивление, выражаемое в *ом* и характеризующее способность диэлектрика проводить ток по своей поверхности.

Потери, вызываемые наличием электропроводности, входят в общую величину потерь, учитываемых tg δ данного диэлектрика.

11-4. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ И ЭМАЛИ

Наименование	Назначение и область применения	Состав пленкообразующей основы	Состав растворителя	Способ и температура сушки, °С	Время сушки, час.
Асфальтовый лак (№ 460)	Влаго- и теплостойкий лак для пропитки деталей аппаратуры, работающей на воздухе	Масло — 27%, битум — 31%, смола — 0,9%, сикатив — 0,1%	Скипидар—5%, ксилол—36%	Печная, 100—110	3

Наименование	Назначение и область применения	Состав пленкообразующей основы	Состав растворителя	Способ и температура сушки, °С	Время сушки, час.
Бакелитовый лак	Пропитка обмоток силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей, неответственных катушек индуктивности. Теплостойкий лак	Бакелитовая смола А от 50 до 80%	Спирт-сырец или денатурат 50—20%	Печная 110—115	5—6
Глифталемасляный лак (№ 1230)	Пропитка обмоток силовых трансформаторов. Теплостойкий лак	Смесь глифталя и льняного масла — 40%	Бензин, уайт-спирит—60%	Печная 105	3
Глифталевый лак (№ 1154)	Пропитка обмоток трансформаторов, изделий из карболита и дерева. Теплостойкий клеящий лак	Глифталевая смола, льняное масло и канифоль — 45—50%	Толуол, уайт-спирит—55—50%	Печная 100	2—4
Масляный лак (№ 320)	Пропитка катушек трансформаторов и дросселей, а также бумаги. Влаго и теплостойкий лак	Льняное масло—59%, смолы — 9%	Скипидар—32%	Печная 80—90	5—6
Нитроцеллюлозный лак	Покрытие металлических и деревянных частей аппаратуры Нетеплостойкий лак	Нитроцеллюлоза — 15÷40	Ацетон, амил-ацетат, этил-ацетат—85—60%	Воздушная 15—25	0,2
Полистирольный лак	Влагостойкий, нетеплостойкий лак для покрытия и пропитки высокочастотных катушек, а также для склеивания изделий из полистирола	Полистирол — 15—50%	Смесь бензола и ксилола 85—50%	Воздушная 15—25	6
Шеллачный лак	Склеивание и пропитка каркасов катушек, отделка деревянных изделий	Шеллак —58 и 15%	Спирт этиловый (винный) 42% и 85%	Воздушная 15—25	1
Эмаль красная (ХЭМЗ Л2464)	Окраска токоведущих частей аппаратуры. Теплостойкая	Смесь глифталемасляных и нитроцеллюлозных лаков, железный сурик	Смесь толуола и бутилацетата	Воздушная 15—25	3
Эмаль серая (СВД)	Покрытие различных изделий из металла и дерева. Нетеплостойкая	Глифтале-масляный лак № 1230—3%, литопон — 13—35%	Смесь толуола и уайт-спирита 40%	Воздушная 15—25	18

11-5. КЛЕИ

Наименование	Назначение и область применения	Состав и приготовление	Способ пользования
Клей БФ (БФ-2, БФ-4, БФ-6)	Склеивание металлов, пластмасс, керамики, волокнистых материалов, бумаги, картона (БФ-2 и БФ-4) и тканей (БФ-6)	Готовый состав	БФ-2 — для теплостойких, жестких швов, БФ-4—для эластичных швов. Склеиваемые поверхности тщательно очищаются и обезжириваются. Склеенные места прогреваются для затвердевания шва при температуре 140—15 ° С в течение 25—30 мин. Склеиваемые ткани проглаживаются утюгом
Целлулоидный клей	Склеивание пленок и изделий из целлулоида	Мелко нарезанная целлулоидная пленка, растворенная в ацетоне, густота клея — по необходимости	Шов сильно сжать. После склеивания — сушить на воздухе при комнатной температуре в сжатом состоянии
Клей для плексигласса	Склеивание изделий из плексигласса (оргстекла)	Мелкая крошка или стружка из плексигласса —0,5—1%, растворенная в дихлорэтане	Очищенные и смазанные клеем поверхности сильно сжимаются и выдерживаются в сжатом состоянии 24 часа при комнатной температуре
Клей столярный	Склеивание дерева и картона	1 часть клея выдержать в 2 частях воды (по объему) 12 час. Затем нагревать при температуре 75—80° С до полного растворения	Склеивать клеем, разогретым до 70° С. Склеенный шов выдержать сутки под прессом
Клей казеиновый	Склеивание дерева и картона	1 часть клея всыпать, постепенно перемешивая в 1,2 части воды. После начала загустевания раствора добавить еще 0,8 частей воды	Склеиваемые поверхности соединить через несколько минут после нанесения клея и выдержать от 3 до 10 час. под прессом

ЛИТЕРАТУРА

Рабчинская Г. И Радиолюбительские материалы, Госэнергоиздат 1950, 112 с

Богородицкий Н., Новые радиотехнические изоляционные материалы, «Радио», 1953, № 2 14 с.

Рабкин Л. И и Шольц Н Н., Магнитодиэлектрики и феррокатушки, Госэнергоиздат 1948, 267 с.

Рабкин Л., Эпштейн Б., Неметаллические магнитные материалы, «Радио», 1952, № 12 14 с.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

СПРАВКИ

12-1. АДРЕСА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Центральный комитет ДОСААФ — Москва, Тушино.
Центральный радиоклуб ДОСААФ — Москва, Сретенка, 26/1.
Редакция журнала «Радио» — Москва, Ново-Рязанская, 26.

12-2. ГДЕ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКУЮ КОНСУЛЬТАЦИЮ

При всех республиканских, краевых, областных и городских радиоклубах ДОСААФ организованы радиотехнические консультации.

Радиолюбители, проживающие в городах, где есть радиоклубы, могут обращаться туда за получением консультации.

Радиолюбители, проживающие в местностях, где нет радиоклубов, могут получать письменную консультацию в своем областном, краевом или республиканском радиоклубе. Кроме того, редакция журнала «Радио» дает радиотехническую консультацию читателям по конструкциям, а также по вопросам, связанным с отдельными статьями, опубликованными в журнале.

Радиослушатели и начинающие радиолюбители могут получить консультацию из Отдела науки и техники Главного управления радиоинформации Министерства культуры СССР; адрес его: Москва, радио, отдел науки и техники.

Вопросы в письмах, направляемых в консультации, надо излагать кратко и ясно, записывая их чернилами на одной стороне листа. Письмо не должно содержать больше трех вопросов.

Письма, направляемые в консультацию, должны быть полностью оплачены почтовыми марками; доплатные письма консультации не принимают.

Для ответа на письмо следует приложить конверт с четко написанным адресом отправителя.

12-3. ГДЕ МОЖНО ЗАКАЗАТЬ ФОТОКОПИИ СТАТЕЙ, СХЕМ И ОТДЕЛЬНЫХ СТРАНИЦ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Фотокопии статей или схем из журналов или книг можно заказать отделу внешнего обслуживания Государственной библиотеки имени Салтыкова-Щедрина в Ленинграде.

Фотокопия размером 9×12 *см* (с одной страницы) стоит 1 р. 35 к., а размером 13×18 *см* — 2 р. 50 к.

В заказе необходимо указать точное название статьи и нумерацию страниц. Заказ почтовым переводом направляется по адресу: Ленинград, Центральное отделение Госбанка, расчетный счет № 150926 отдела внешнего обслуживания Государственной библиотеки имени Салтыкова-Щедрина. Одновременно заказным письмом высылается подтверж-

дение заказа в адрес отдела внешнего обслуживания Государственной библиотеки (Ленинград 11, Садовая, 18) с приложением заверенной на почте копии квитанции о сданном переводе или самой квитанции.

12-4. КАК ВЫПИСАТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ КНИГИ

Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом (без задатка) республиканские, областные и краевые отделения «Книга-почтой», откуда можно также получить каталоги, листовки и списки книг, имеющихся в продаже.

Заказы можно направлять: Москва, 1-й Новоподмосковный пер., 4, «Книга-почтой».

Высылку книг наложенным платежом производят также магазины технической книги: Москва, Петровка, 15, книжный магазин № 8 и Москва, Столешников пер., 14, книжный магазин № 77.

Отделения «Книга-почтой» имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР. Заказ следует адресовать так: название республиканского, краевого или областного центра, Книготорг, отделению «Книга-почтой».

12-5. ОТКУДА МОЖНО ВЫПИСАТЬ РАДИОТОВАРЫ

Индивидуальные заказы на радиоаппаратуру и детали принимает Всесоюзная посылочная контора «Союзпосылторг» через свою Центральную торговую базу — Москва 54, Дубининская ул., 37, а также через отделения Союзпосылторга в городах: Свердловск, ул. Урицкого, 1; Новосибирск, Советская ул., 8; Ростов-на-Дону, Московская ул., 122; Ташкент, ул. Островского, 3.

Заказы выполняются только на те товары, которые перечислены в прейскуранте. Прейскуранты Союзпосылторга имеются для ознакомления во всех почтовых отделениях, а также высылаются Союзпосылторгом по требованиям заказчиков, приславших 60 коп. марками.

12-6. КАК СТАТЬ УЧАСТНИКОМ ВСЕСОЮЗНОЙ ВЫСТАВКИ ТВОРЧЕСТВА РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ-КОНСТРУКТОРОВ

Прием экспонатов на очередную выставку радиолюбительского творчества объявляется в журнале «Радио».

Конструкция, которую желает продемонстрировать на выставке радиолюбитель, на выставку сразу не посылается. В Выставочный комитет нужно направить в двух экземплярах:

1. Описание конструкции, отпечатанное на пишущей машинке или разборчиво написанное от руки чернилами на одной стороне листа с полями для заметок рецензента и членов жюри. В тексте описания следует делать ссылки на чертежи, которые должны быть пронумерованы. К описанию должна быть приложена написанная на отдельном листе краткая аннотация, в которой указываются наиболее характерные особенности экспоната.

2. Схему конструкции, начерченную тушью или чернилами на отдельном листе размером 250 × 150 *мм*, с обозначением основных деталей аппарата. Описание, чертежи и схемы должны быть подписаны конструктором экспоната.

3. Фотоснимки внешнего вида и внутреннего монтажа аппарата размером 9 × 12 *см*.

4. Фотографию автора конструкции размером 9×12 *см.*

5. Сведения об авторе экспоната: имя, отчество, фамилия, возраст, партийность, специальность, образование, место работы, должность, радиолюбительский стаж, членство в ДОСААФ и радиоклубе, точный адрес, на каких радиовыставках участвовал ранее

6 Технический акт испытаний посылаемого на выставку экспоната.

Весь материал (описание, фотографии, схема, анкета и технический акт испытания) заверяется местным радиоклубом или местным радиоузлом. Формы актов, отпечатанные типографским путем, рассылаются в местные радиоклубы Выставочным комитетом.

Сельские радиолюбители испытывают свои конструкции в районных радиоузлах.

К описаниям экспонатов по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве», находящихся в эксплуатации, необходимо прикладывать справки от организаций, эксплуатирующих эти приборы. В справке должны быть указаны достоинства и недостатки данного прибора или аппарата.

После того как весь этот материал будет рассмотрен Выставочный комитет направит участнику выставки свою оценку его работы.

Лучшие конструкции — только по требованию Выставочного комитета — высылаются в Москву, где на очередной Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества выносится окончательное решение жюри о премировании конструкторов и награждении их дипломами. Некоторые конструкции могут быть поощрены и заочно на основании представленных материалов.

Адрес секретариата Выставочного комитета: Москва, Сретенка, 26/1, Центральный радиоклуб ДОСААФ, секретариату выставкома.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ИСПРАВЛЕНИЕ:

В схеме на стр. 159 пропущены разделительные конденсаторы по 0,05 *мкф* в проводах, идущих от лампы 6С2С к сеткам ламп 6П6С (слева от сопротивлений 0,25 *мгом*).

Цена 9 руб.